

# IAEA BULLETIN

ORGANISMO INTERNACIONAL DE ENERGÍA ATÓMICA

La publicación emblemática del OIEA | Septiembre de 2017



## Técnicas Nucleares y Salud Humana

Prevención, Diagnóstico y Tratamiento

**Chile combate la obesidad infantil con técnicas nucleares** pág. 6

**Avances en medicina nuclear: Entrevista a Satoshi Minoshima sobre el uso de la imagenología molecular para el diagnóstico de la demencia** pág. 10

**Los organismos de las Naciones Unidas ponen en marcha un programa mundial conjunto para la prevención y el control del cáncer cervicouterino** pág. 18



60 años

IAEA *Átomos para la paz y el desarrollo*

También contiene:  
Noticias del OIEA



La misión del Organismo Internacional de Energía Atómica es evitar la proliferación de las armas nucleares y ayudar a todos los países, especialmente del mundo en desarrollo, a sacar provecho de los usos de la ciencia y la tecnología nucleares con fines pacíficos y en condiciones de seguridad tecnológica y física.

El OIEA, creado en 1957 como organismo independiente de las Naciones Unidas, es la única organización del sistema de las Naciones Unidas especializada en tecnología nuclear. Por medio de sus laboratorios especializados, únicos en su clase, transfiere conocimientos y competencias técnicas a sus Estados Miembros en esferas como la salud humana, la alimentación, el agua, la industria y el medio ambiente.

El OIEA, que, además, proporciona una plataforma mundial para la mejora de la seguridad física nuclear, ha creado la *Colección de Seguridad Física Nuclear*, cuyas publicaciones ofrecen orientaciones a ese respecto que gozan del consenso internacional. La labor del OIEA también se centra en contribuir a que se reduzca al mínimo el riesgo de que los materiales nucleares y otros materiales radiactivos caigan en manos de terroristas y delincuentes o de que las instalaciones nucleares sean objeto de actos dolosos.

Las normas de seguridad del OIEA proporcionan un sistema de principios fundamentales de seguridad y reflejan el consenso internacional sobre lo que constituye un alto grado de seguridad con respecto a la protección de las personas y el medio ambiente frente a los efectos nocivos de la radiación ionizante. Esas normas se han elaborado para todos los tipos de instalaciones y actividades nucleares con fines pacíficos, incluida la clausura.

Mediante su sistema de inspecciones, el OIEA también verifica que los Estados Miembros utilicen los materiales e instalaciones nucleares exclusivamente con fines pacíficos, conforme a los compromisos contraídos en virtud del Tratado sobre la No Proliferación de las Armas Nucleares y de otros acuerdos de no proliferación.

La labor del OIEA es polifacética y se lleva a cabo con la participación de un amplio espectro de asociados a escala nacional, regional e internacional. Los programas y presupuestos del OIEA se establecen mediante decisiones de sus órganos rectores, a saber, la Junta de Gobernadores, integrada por 35 miembros, y la Conferencia General, que reúne a todos los Estados Miembros.

El OIEA tiene su Sede en el Centro Internacional de Viena y cuenta con oficinas sobre el terreno y de enlace en Ginebra, Nueva York, Tokio y Toronto. Además, tiene laboratorios científicos en Mónaco, Seibersdorf y Viena, y proporciona apoyo y financiación al Centro Internacional de Física Teórica "Abdus Salam", en Trieste (Italia).

### EL BOLETÍN DEL OIEA

es una publicación de la  
Oficina de Información  
al Público y Comunicación (OPIC)  
Organismo Internacional de Energía Atómica  
PO Box 100, 1400 Viena, Austria  
Teléfono: (+43 1) 2600 21270  
Fax: (+43 1) 2600 29610  
iaeabulletin@iaea.org

Redacción: Miklos Gaspar  
Directora editorial: Aabha Dixit  
Diseño y producción: Ritu Kenn

El BOLETÍN DEL OIEA puede consultarse en línea en:  
[www.iaea.org/bulletin](http://www.iaea.org/bulletin)

Podrá reproducirse libremente parte del material del OIEA contenido en el *Boletín del OIEA* siempre que se cite su fuente. En caso de que el material que quiera volverse a publicar no sea de la autoría de un miembro del personal del OIEA, deberá solicitarse permiso al autor o a la organización que lo haya redactado, salvo cuando se trate de una reseña.

Las opiniones expresadas en los artículos firmados que figuran en el *Boletín del OIEA* no representan necesariamente las del Organismo Internacional de Energía Atómica y este declina toda responsabilidad al respecto.

Portada: A. Schlosman/OIEA

Síguenos en:



# Contribución de las técnicas nucleares a la mejora de la salud humana

Yukiya Amano, Director General del OIEA

Desde que empezaron a utilizarse en la década de 1930, las técnicas nucleares han contribuido enormemente al bienestar humano y han salvado decenas de millones de vidas. En la actualidad, tienen una importancia cada vez mayor en el diagnóstico y el tratamiento de enfermedades no transmisibles graves, como el cáncer y las cardiopatías.

Entre los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) aprobados por los líderes mundiales en 2015 se incluye el compromiso de “garantizar una vida sana y promover el bienestar para todos a todas las edades”, a cuyo logro la ciencia nuclear puede contribuir de manera significativa. El OIEA tiene el firme propósito de ayudar a sus Estados Miembros a utilizar la ciencia y la tecnología nucleares para reducir en un tercio el número de defunciones por enfermedades no transmisibles antes de 2030, que es una de las metas clave de los ODS.

El cáncer y las enfermedades cardiovasculares son las principales causas de muerte en el mundo y concentraron 26,5 millones de los 56,4 millones de defunciones registradas en 2015. Las técnicas nucleares pueden obrar verdaderos cambios a este respecto.

La imagenología médica y la radioterapia son recursos muy valiosos para diagnosticar, manejar y tratar el cáncer. En los últimos decenios, las tecnologías de la radiación también se han hecho indispensables en el tratamiento de enfermedades cardiovasculares y se han utilizado diversas técnicas isotópicas para mejorar la nutrición.

## Igualdad de acceso

No obstante, hay enormes diferencias con respecto al acceso a las técnicas nucleares. En los países desarrollados, gracias al diagnóstico precoz y a la existencia de tratamientos eficaces, se curan más de la mitad de todos los casos de cáncer. En cambio, en los países en desarrollo el diagnóstico de la enfermedad suele hacerse demasiado tarde como para que el tratamiento sea eficaz.

El OIEA trabaja con sus asociados, entre otros la Organización Mundial de la Salud, para cambiar esta situación. Ayudamos a los países a elaborar programas integrales de lucha contra el cáncer, ponemos en marcha instalaciones de medicina nuclear, radioncología y radiología, y fomentamos la formación y la capacitación de los profesionales sanitarios dotándolos de capacidad, lo que puede ser determinante en la vida de millones de personas. También contribuimos a garantizar la seguridad de los pacientes, para que reciban la dosis adecuada de radiación, y del personal médico y técnico, para que estén protegidos frente a exposiciones nocivas.



En el Foro Científico del OIEA de 2017 se han presentado los múltiples beneficios que tienen las técnicas nucleares para la salud humana, y, en esta edición del *Boletín del OIEA*, se destacan las numerosas formas en que se emplean. Chile, por ejemplo, ha adaptado su programa nacional de nutrición para incluir el uso de técnicas nucleares con objeto de reducir la obesidad infantil (página 6). También se explica la importancia de la imagenología molecular para diagnosticar la demencia (página 10) y la forma en que países como Camboya (página 8) y Bangladesh (página 12) combaten el cáncer mediante la medicina radiológica. La contribución del OIEA a la seguridad comprende, entre otras cosas, la garantía de calidad y la verificación dosimétrica (página 14) y los controles, a fin de cerciorarse de que se administran las dosis adecuadas para un diagnóstico exacto (página 20).

Confío en que esta edición del *Boletín del OIEA* permita a los lectores comprender mejor cómo se emplean las técnicas nucleares en el ámbito de la salud humana y cuál es la función que desempeña el OIEA para lograr que esta ciencia extraordinaria esté al alcance de todos.



(Fotografía: C. Brady/OIEA)



(Fotografía: C. Brady/OIEA)



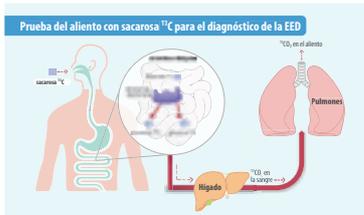
(Fotografía: S. Kamishima/OIEA)

## Prefacio



### **1 Contribución de las técnicas nucleares a la mejora de la salud humana**

## Prevención de las enfermedades mediante una nutrición mejor



### **4 Empleo de técnicas de isótopos estables en el estudio de la relación entre la salud intestinal y el crecimiento infantil**



### **6 Chile combate la obesidad infantil con técnicas nucleares**

## Más allá de lo evidente: nuevas fronteras en las técnicas de diagnóstico



### **8 El nuevo centro de atención oncológica en Camboya hace realidad el “disparatado” sueño de un médico**



### **10 Avances en medicina nuclear: Entrevista a Satoshi Minoshima sobre el uso de la imagenología molecular para el diagnóstico de la demencia**

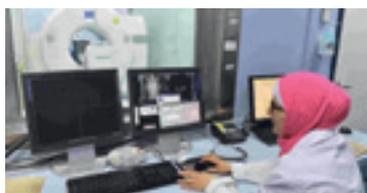
## Afrontar los desafíos de la aplicación en los países



### **12 Una medicina nuclear sin barreras en Bangladesh**

### **14 El OIEA apoya la garantía de calidad mediante auditorías clínicas y dosimétricas exhaustivas**

Radioterapia: nuevos enfoques para salvar a los pacientes con cáncer y mejorar su calidad de vida



**16 Jordania apuesta por la teranóstica, un campo avanzado de la nanomedicina para el manejo del cáncer**



**18 Los organismos de las Naciones Unidas ponen en marcha un programa mundial conjunto para la prevención y el control del cáncer cervicouterino**

Garantizar la calidad y la seguridad



**20 Dosis correcta para un diagnóstico preciso: seguimiento de las dosis de radiación administradas a los pacientes y utilización de los niveles de referencia para diagnósticos**



**22 Albania mejora el tratamiento de radioterapia para enfermos de cáncer con ayuda del OIEA**

Panorama mundial



**24 Ganar la batalla al cáncer es cosa de todos**  
— *Kim Simplis Barrow, Primera Dama de Belice*

Desde el OIEA



**25 Apoyo del OIEA a la salud humana**  
— *May Abdel-Wahab, Directora de la División de Salud Humana del OIEA*

Noticias del OIEA

**26 Los agricultores de Benin triplican el rendimiento de las cosechas y mejoran sus medios de subsistencia gracias a técnicas isotópicas**

**28 Una nueva aplicación móvil mejora la detección de la radiación por los funcionarios de aduanas y permite aumentar la seguridad física nuclear**

**30 Se presentan las conclusiones de salvaguardias nucleares en el Informe sobre la Aplicación de las Salvaguardias correspondiente a 2016**

**32 Publicaciones del OIEA**

# Empleo de técnicas de isótopos estables en el estudio de la relación entre la salud intestinal y el crecimiento infantil

Jeremy Li

Una gran parte de la población de los países de ingresos medianos y bajos vive en un entorno que se caracteriza por la falta de agua de calidad y en el que las condiciones de saneamiento e higiene son deficientes, lo que contribuye al retraso del crecimiento infantil. Ello se debe a la modificación adversa de los procesos intestinales que provoca la absorción incorrecta de los nutrientes necesarios para el crecimiento y otras funciones. Este trastorno, inicialmente denominado enteropatía tropical, ahora se conoce como enteropatía ambiental (EED) a fin de que refleje sus múltiples manifestaciones y efectos.

Cabe esperar que el nuevo proyecto coordinado de investigación del OIEA, aprobado en noviembre de 2016, proporcione un instrumento no invasivo, basado en isótopos estables, para el diagnóstico de la enteropatía ambiental que permita entender mejor el modo en que este trastorno específico relacionado con el intestino afecta al crecimiento y la salud infantil durante largos períodos de tiempo en países de ingresos medianos y bajos. En este proyecto participan nueve países, algunos desarrollados y otros de ingresos medianos y bajos; los primeros actúan como expertos técnicos y los segundos ponen en práctica los estudios realizados.

“Es fundamental elaborar métodos precisos, no invasivos, que puedan utilizarse sobre el terreno para diagnosticar la enfermedad”, señala Victor Owino, científico del OIEA especializado en nutrición. Las técnicas nucleares de isótopos estables tienen la ventaja de que se pueden utilizar para evaluar diversos aspectos de la enteropatía ambiental. (Véase el recuadro titulado “Base científica”).

En el marco de este proyecto se está estudiando el efecto de la enteropatía ambiental en el crecimiento infantil y en la salud de determinados grupos de población mediante el uso de una técnica de isótopos estables: la prueba del aliento con sacarosa carbono 13 ( $^{13}\text{C}$ ). Este método ya se ha empleado anteriormente para evaluar la función intestinal que no es específica de la enteropatía ambiental. En ese caso, la evaluación se basó en la utilización de sacarosa naturalmente rica en carbono 13 (procedente de maíz).

No obstante, dado que el maíz y la caña de azúcar se consumen mucho en los países de ingresos medianos y bajos y ya contiene mucha sacarosa  $^{13}\text{C}$ , el enriquecimiento natural tal vez no sea suficiente. Por lo tanto, el proyecto elaborará una prueba del aliento con sacarosa  $^{13}\text{C}$  muy enriquecida y analizará sus posibilidades de uso.

La prueba del aliento con sacarosa  $^{13}\text{C}$  se basa en el sencillo principio de que, en el intestino, una enzima del borde del cepillo denominada sacarasa descompone la sacarosa en glucosa y fructosa. Cuando estas se oxidan para que el organismo pueda utilizarlas, se forma dióxido de carbono 13 ( $^{13}\text{CO}_2$ ) y agua. En situaciones anómalas, como en la enteropatía ambiental, la actividad de la sacarasa y, por lo tanto, la producción de  $^{13}\text{CO}_2$  pueden verse reducidas. En cambio, en circunstancias normales, la exhalación fuerte y temprana de  $^{13}\text{CO}_2$  en el aliento después de una dosis oral de sacarosa  $^{13}\text{C}$  indica una función intestinal sana. (Véase la infografía).

“Una forma en la que puede extenderse el uso de este método es utilizando sacarosa muy enriquecida con isótopos estables  $^{13}\text{C}$  sintéticos disponible en el mercado”, indica el Sr. Owino.

En estos momentos, cuatro expertos de Australia, el Reino Unido de Gran Bretaña e Irlanda del Norte (Reino Unido) y los Estados Unidos de América están trabajando para perfeccionar la prueba existente del aliento con sacarosa  $^{13}\text{C}$  mediante el uso de sacarosa  $^{13}\text{C}$  muy enriquecida, como se acaba de exponer, así como para validar la prueba a través de la realización de una biopsia intestinal a fin de determinar si el intestino presenta alteraciones ocasionadas por la enteropatía ambiental.

## Primer estudio sobre la enteropatía ambiental que analiza el efecto a largo plazo en el crecimiento utilizando isótopos estables

En 2015, el OIEA celebró una reunión técnica para examinar los conocimientos actuales sobre la enteropatía ambiental y estudiar posibles intervenciones para prevenir y tratar la enfermedad. “Una de las conclusiones a que se llegó fue que se requieren estudios más longitudinales para entender mejor las causas fundamentales de la enfermedad y que es necesario desarrollar una prueba de bajo costo que se pueda aplicar de forma generalizada”, dice el Sr. Owino.

El nuevo estudio permitirá establecer, por primera vez, de qué modo la enteropatía ambiental afecta a los niños durante períodos de tiempo más largos. El Sr. Owino explica que los niños se someterán de nuevo a las pruebas tres y seis meses después de la primera prueba, a fin de determinar su crecimiento durante ese período.

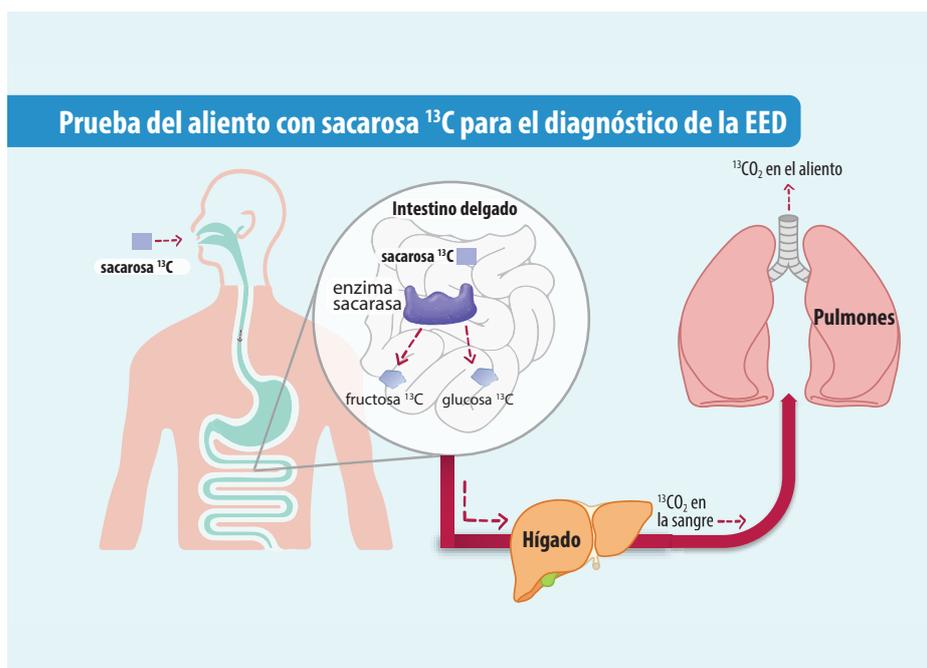
En el estudio participan investigadores de Bangladesh, la India, Jamaica, Kenya, el Perú y Zambia. El Sr. Owino añade

que cuando se haya perfeccionado la técnica de detección, la utilizarán para diagnosticar la enfermedad en niños y evaluar su relación con el crecimiento a lo largo del tiempo.

En noviembre de este año, el OIEA celebrará una reunión destinada a partes interesadas y titulares de contratos técnicos y de contratos de investigación de los países participantes para armonizar el protocolo, elaborar planes concretos y examinar los detalles logísticos de los estudios longitudinales. Los expertos de Australia, el Reino Unido y los Estados Unidos presentarán información detallada sobre los progresos realizados en la optimización y validación de la prueba del aliento con sacarosa  $^{13}\text{C}$ .

Los expertos del OIEA también han participado como coautores en dos artículos de revisión científica sobre la enteropatía ambiental. En los artículos se destacó la naturaleza de la enfermedad, su efecto en el estado nutricional y la salud infantiles y el modo en que los isótopos estables pueden utilizarse para diagnosticar y tratar la enfermedad y sus efectos en la salud. Los artículos se publicaron en las revistas, de renombre internacional *Pediatrics* (diciembre de 2016) y *Journal of Pediatric Gastroenterology and Nutrition* (febrero de 2017), y ambos

fueron citados en el análisis exhaustivo que realizaron funcionarios del OIEA sobre el uso de los isótopos estables en evaluaciones de la nutrición, publicado en la prestigiosa revista *Proceedings of the Nutrition Society* (mayo de 2017).



## BASE CIENTÍFICA

### ¿Qué es la enteropatía ambiental?

La enteropatía ambiental es una modificación de la función intestinal que aparentemente presenta múltiples manifestaciones que se pueden analizar por separado.

La clave está en que las paredes del intestino se vuelven excepcionalmente permeables (porosas) y la forma del tejido que lo recubre se ve alterada, lo que hace que no se absorban tan bien los nutrientes de los alimentos y se obstaculiza el paso de las células bacterianas.

La inflamación es otra de las principales manifestaciones de la enteropatía ambiental y es una respuesta natural del cuerpo ante una invasión externa.

La pérdida o el paso limitado de nutrientes, combinado con el movimiento descontrolado de las células bacterianas, genera un fenómeno complejo que se cree que causa retrasos en el crecimiento. El crecimiento infantil depende de la hormona del crecimiento, que actúa como catalizador para impulsar la adición de una agrupación —denominada placa epifisaria— sobre otra a fin de garantizar un crecimiento óseo lineal desde el nacimiento hasta la pubertad y, en ocasiones, más allá de ese período. Cualquier proceso que obstaculice la producción o el funcionamiento de la hormona del crecimiento ocasiona un retraso del crecimiento lineal. La agresión que se produce en relación con la enteropatía ambiental da lugar a una reducción de la expresión de los receptores de la hormona del crecimiento en el hígado, lo que significa que se inhibe la señalización de esta.

El conjunto que forma toda la población microbiana del tubo digestivo se denomina microbioma. El microbioma es fundamental para el funcionamiento, la inmunidad y la supervivencia del huésped humano. Las situaciones de agresión observadas en la enteropatía ambiental derivan en la inmadurez del microbioma y la sustitución de bacterias beneficiosas por otras nocivas, lo que facilita la propagación de infecciones que, a su vez, afectan de forma negativa a la utilización de los nutrientes y al crecimiento.

Para entender bien los mecanismos en que se sustenta el retraso en el crecimiento causado por la enteropatía ambiental, así como para diseñar intervenciones destinadas a prevenir y tratar la enfermedad, es necesario desarrollar técnicas sensibles de diagnóstico y clasificación que se puedan utilizar sobre el terreno. Las técnicas nucleares serán un buen complemento para esta empresa.

# Chile combate la obesidad infantil con técnicas nucleares

Laura Gil



**La información recopilada mediante el empleo de tecnología relacionada con la energía nuclear ayudó a los encargados de la formulación de políticas de Chile a reajustar los programas de nutrición.**

(Fotografía: A. Gorišek/OIEA)

En América Latina, alrededor de 80 millones de personas están cubiertas, en mayor o menor medida, por programas nacionales de nutrición. En Chile, una de las razones por las cuales estas intervenciones son hoy más eficaces que nunca es la tecnología relacionada con la energía nuclear, que permite diagnosticar mejor la malnutrición y proporciona información exacta para guiar y evaluar procedimientos intervencionistas selectivos.

“Los programas de nutrición de principios del decenio de 1990 se centraban en medir el peso de los niños, abogando por el aumento de peso, pero no tenían en cuenta otros factores”, dice Ricardo Uauy, Director del Instituto de Nutrición y Tecnología de los Alimentos (INTA), de la Universidad de Chile. “Ayudaban a combatir la desnutrición, pero, al mismo tiempo, en muchos casos agravaban el sobrepeso y la obesidad en los niños.”

En América Latina, como en otras regiones, paulatinamente los niños han ido volviéndose más sedentarios, haciendo menos ejercicio y comiendo más alimentos ricos en grasa. Según las estimaciones de la malnutrición infantil en 2017 elaboradas conjuntamente por el Fondo de las Naciones Unidas para la Infancia (UNICEF), la Organización Mundial de la Salud (OMS) y el Grupo del Banco Mundial, en la región hay casi 4 millones de niños menores de 5 años que tienen sobrepeso, muchos de los cuales también sufren carencia de nutrientes esenciales como hierro, zinc y vitamina A.

Las técnicas nucleares pueden ayudar a determinar la aportación de los alimentos y el uso de esos nutrientes por el cuerpo humano.

Gradualmente, con la ayuda del OIEA, científicos como el Sr. Uauy, especializados en nutrición, empezaron a evaluar la composición corporal y el gasto energético de los niños, algo que las técnicas relacionadas con la energía nuclear les permiten hacer. Empezaron a descubrir exactamente cómo se divide el peso de un niño en masa corporal grasa y masa corporal magra, cómo captan y utilizan los minerales los niños y qué parte de la energía se usa para el ejercicio o se almacena como grasa. La acumulación de grasa corporal en exceso y el sedentarismo —no hacer suficiente ejercicio— son importantes factores de riesgo de la obesidad.

“Varios países de la región adoptaron estos instrumentos porque nos muestran una nueva realidad”, dice el Sr. Uauy. “Quedó claro que la obesidad, especialmente entre los grupos de bajos ingresos, es un problema tan importante como la desnutrición y que es necesario modificar la dieta y reducir la vida sedentaria.”

La obesidad infantil aumenta el riesgo de enfermedades no transmisibles relacionadas con la dieta, entre ellas distintas formas de cáncer, alta presión sanguínea y diabetes tipo II. Recientemente, además, científicos chilenos que trabajan en el INTA han descubierto que las niñas que son obesas por lo general alcanzan la madurez antes y tienen su primer período menstrual a una edad más temprana, lo que da lugar a una tasa de embarazo precoz más elevada.

## Pérdida de peso

Estos hallazgos ayudaron a los encargados de la formulación de políticas de Chile a reajustar los programas de nutrición, que ahora ofrecen dietas de mayor calidad, menor aporte calórico procedente de grasas y azúcar y actividad física más intensa. El resultado es que, pese a que los niveles de vida y los hábitos de vida sedentarios en el país han aumentado, la obesidad no lo ha hecho.

“Hemos ido presentando dietas variadas y asequibles, especialmente para quienes no pueden permitirse comer a diario alimentos nutritivos caros”, dice el Sr. Uauy. “Pero, en nuestra opinión, no basta con informar a los consumidores. Tenemos que hacer que la opción saludable sea la más fácil. Esto incluye formular y vender los alimentos correctos con el equilibrio justo de energía y nutrientes, y conseguir que las etiquetas de los productos alimentarios sean más fácilmente comprensibles para todos los consumidores.”

Cuando los nutricionistas del INTA empezaron a colaborar con el OIEA, la obesidad en los niños en edad preescolar que formaban parte de un proyecto piloto era del 10,7 % (cifras de 2001). Hacia 2009, habían logrado reducir la cantidad de calorías en las comidas escolares e incrementar la actividad física diaria de los niños, y la tasa de obesidad en los niños que participaban en el proyecto había disminuido al 8,4 %.

A finales de 2016, el programa abarcaba tres cuartas partes de las guarderías que dependen de la Junta Nacional de Jardines Infantiles (JUNJI).

## Otros usos de las técnicas relacionadas con la energía nuclear en nutrición: evaluación de la salud muscular y la lactancia materna

El OIEA también presta apoyo a los científicos en la utilización de técnicas nucleares e isotópicas para medir la ingesta de leche humana de los lactantes; evaluar la salud ósea de las personas de edad; rastrear cómo el cuerpo incorpora, usa y retiene los nutrientes importantes; medir las reservas de vitamina A y determinar en qué medida está el cuerpo usando bien el hierro y el zinc de los alimentos y dietas locales.

Por ejemplo, actualmente el OIEA presta apoyo a científicos de Chile en relación con la aplicación de isótopos estables y otras técnicas relacionadas con la energía nuclear al estudio de la salud muscular y los cambios en la actividad física en las personas de edad.

“Las técnicas relacionadas con la energía nuclear nos permiten hacer un diagnóstico muy exacto”, dice Carlos Márquez, nutricionista del INTA. “Y los diagnósticos son importantes al tratar a las personas de edad, puesto que muchas veces es más fácil prevenir las enfermedades que curarlas”.

El Sr. Márquez espera que los datos que están recopilando mediante las técnicas relacionadas con la energía nuclear ayuden a los encargados de la formulación de políticas a adoptar medidas que mejoren la salud y la calidad de vida de las personas de edad.

## BASE CIENTÍFICA

### Cómo ayudan las técnicas relacionadas con la energía nuclear a medir la grasa corporal

Para determinar de manera precisa la cantidad de grasa del cuerpo de un niño, por ejemplo, los científicos emplean isótopos estables y calculan el contenido de agua corporal total. Marcan el agua con deuterio ( $2H$ ), un isótopo estable del hidrógeno, y se la dan a beber al niño. Aunque el agua está marcada ( $2H_2O$ ), no es radiactiva y, por lo tanto, no tiene efectos adversos para la salud. Los científicos toman muestras de la saliva o la orina del niño antes y después de beber el agua marcada.

La grasa, por definición, no contiene agua. Cuando un niño o una niña bebe el agua marcada, esta se distribuye de manera uniforme en el tejido no graso del cuerpo en unas horas. El agua marcada recogida y analizada por los científicos representa la cantidad de agua que ha absorbido el tejido magro del niño. Esto ayuda a los científicos a determinar cuánto del peso del niño no es grasa —y, así, después de calcular la diferencia, cuánta grasa tiene almacenada el niño—.

Si desea más información sobre cómo funcionan los isótopos estables, sírvase leer: [www.iaea.org/topics/childhood-obesity](http://www.iaea.org/topics/childhood-obesity)

“Las técnicas relacionadas con la energía nuclear nos permiten aclarar cuestiones de un modo que las técnicas convencionales no permiten”, dice el Sr. Uauy. “Son rápidas y precisas y nos ayudan a ver los distintos procesos del interior del cuerpo y definir qué parte del peso corresponde a masa magra o a masa grasa.”

El OIEA lleva más de 10 años ayudando a Chile a abordar la malnutrición; lo hace mediante la transferencia de tecnología nuclear y relacionada con la energía nuclear, la capacitación de científicos, la organización de visitas de expertos y becas y el suministro de material y equipo.

# El nuevo centro de atención oncológica en Camboya hace realidad el “disparatado” sueño de un médico

Miklos Gaspar

**Sokha Eav de pie junto a una caja que contiene una cámara gamma donada por el OIEA al Centro de Salud Nacional. Una vez inaugurado el nuevo Centro Oncológico Nacional de Camboya, la cámara se utilizará para obtener imágenes funcionales de órganos mediante la detección de radioisótopos emisores de radiación inyectados al paciente.**

(Fotografía: M. Gaspar/OIEA).

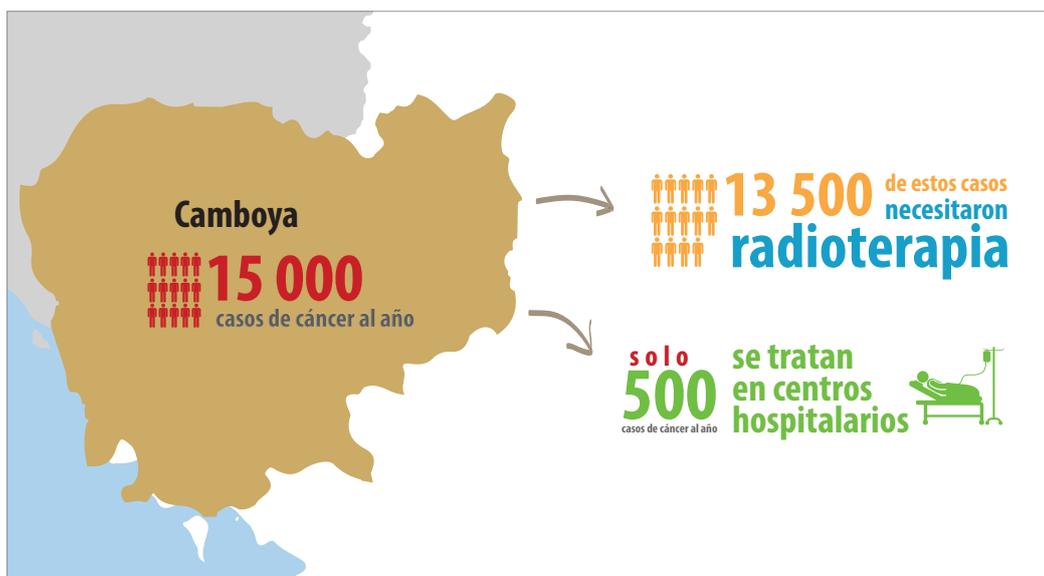


Cuando Sokha Eav decidió especializarse en oncología al terminar sus estudios en la Facultad de Medicina, muchos de sus colegas lo tildaron de loco y le preguntaron “por qué elegía una disciplina sin futuro en su país”. Veinte años más tarde el Sr. Eav, Jefe del Departamento de Oncohematología del Hospital Calmette situado en el centro de Phnom Penh, está a punto de cumplir su sueño: la creación del primer centro especializado en atención oncológica de Camboya. “He tardado mucho tiempo, pero les he demostrado que se equivocaban”, dice con una sonrisa.

La inauguración del Centro Oncológico Nacional del Hospital Calmette, en el centro de Phnom Penh, está prevista para antes de finales de año. Gran parte del equipo, incluido el material donado por el OIEA como una cámara gamma para la realización de gammagrafías y una campana de laboratorio blindada para la preparación de radiofármacos, sigue en cajas o se está instalando, mientras que el aparato de radioterapia —que será el segundo que haya en el país— todavía no ha llegado de los Estados Unidos. No obstante, los trabajadores de la construcción y el personal del Departamento de Oncohematología, que constituirá la plantilla básica del nuevo centro, trabajan sin descanso para que esté todo listo según lo previsto.

Al igual que en una gran parte de los países en desarrollo, el cáncer es un problema cada vez mayor en Camboya. Debido al cambio de hábitos provocado por el aumento del nivel de vida y el rápido incremento de la esperanza de vida, el cáncer se está convirtiendo en una de las principales causas de mortalidad en el país. Aunque en Camboya no existe un registro nacional del cáncer, se estima que la cifra anual de casos de la enfermedad asciende a unos 15 000, en una población de 15 millones de habitantes. Cerca del 90 % de las personas afectadas por la enfermedad necesitará algún tipo de radioterapia, pero el único aparato de radioterapia disponible en Camboya se encuentra en el Hospital Khmer-Soviet Friendship de Phnom Penh y solamente tiene capacidad para tratar a unas 500 personas al año. Si bien alrededor de 1500 enfermos de cáncer pueden permitirse pagar un tratamiento en países vecinos, la gran mayoría no tiene acceso a este tipo de tratamiento.

El plan del Sr. Eav es un paso importante para cambiar esa situación. El centro empezará a funcionar con un aparato de radioterapia y está previsto que reciba otros dos en los próximos años. Posteriormente, hacia 2025, se abrirán dos centros oncológicos regionales dotados de instalaciones de radioterapia y de medicina nuclear propias, uno en el norte del país y otro en el oeste, gracias a lo que un 70 % de la población tendrá acceso a servicios de atención oncológica. “Seguirá sin haber una cobertura total, pero la situación mejorará mucho con respecto a la actual”, señala el Sr. Eav.



Cada año se registran en Camboya 15 000 casos de cáncer. Alrededor del 90 % de esos enfermos, es decir, 13 500 personas, necesitará algún tipo de radioterapia, pero el único aparato de radioterapia que existe en Camboya solo tiene capacidad para tratar a unas 500 personas al año. Las autoridades sanitarias del país colaboran con el OIEA para aumentar la capacidad de tratamiento.

(Infografía: F. Nassif/OIEA)

## Diagnóstico del cáncer

También se prevé la instalación de un aparato de PET-TC (tomografía por emisión de positrones-tomografía computarizada) para el diagnóstico médico y de un ciclotrón para la producción de radiofármacos para diagnosticar y tratar el cáncer. Según Thomas Pascual de la Sección de Medicina Nuclear y de Diagnóstico por Imágenes del OIEA, el establecimiento de instalaciones de medicina nuclear ha sido un componente clave del enfoque integral de atención oncológica del país, y añade que “un buen diagnóstico es el primer paso hacia el tratamiento”.

El Sr. Eav recuerda que no ha sido fácil llegar hasta aquí. Al principio había un gran temor a la radiación, incluso entre las autoridades sanitarias y los administradores de centros hospitalarios. El Sr. Eav les mostró cómo habían mejorado las estadísticas del cáncer de los países vecinos y señaló la existencia de normas de seguridad y de programas de apoyo del OIEA destinados a proteger la salud de los trabajadores y los pacientes. Cuando las autoridades competentes tomaron conciencia de la importancia de la atención oncológica, destinaron recursos a la construcción del centro y a la adquisición de equipo, lo que ha supuesto una inversión de 36 millones de dólares estadounidenses en los tres últimos años.

Sin embargo, lo que no ha podido comprarse con dinero son los conocimientos especializados que se necesitan para utilizar el nuevo equipo, apunta el Sr. Eav; es ahí donde el apoyo del OIEA ha sido de un valor incalculable, añade. La mitad del personal básico, a saber, radioncólogos, físicos médicos, auxiliares técnicos de medicina nuclear, radioterapeutas, así como un radiofarmacéutico y un médico especializado en medicina nuclear, han participado en los programas de becas y de capacitación del OIEA en hospitales de la región y en Europa. “No solo han adquirido conocimientos técnicos, sino que también han aprendido a tratar a los pacientes”, dice el Sr. Eav. “Es muy importante crear un buen ambiente, sobre todo cuando nos enfrentamos a una enfermedad como el cáncer”.

El valor total de los proyectos de cooperación técnica del OIEA en Camboya sobre atención oncológica y medicina nuclear ha superado 1,2 millones de euros en los últimos años, señala Mykola Kurylchuk, encargado de gestionar los proyectos del OIEA en Camboya. “Ha valido la pena hasta el último céntimo”, subraya. “Los resultados hablan por sí solos”.

## Prevención

El diagnóstico precoz es clave para conseguir que cambien las tasas de supervivencia del cáncer, y es ahí donde reside el mayor problema para Camboya, explica Ra Chheang, Director General del Hospital Calmette. Más del 70 % de los enfermos de cáncer se derivan a un oncólogo únicamente en la fase terminal de la enfermedad, y la probabilidad de que reciban un tratamiento eficaz es escasa o nula. En los países desarrollados, esa proporción es inferior a un tercio. “Si solamente pudiera cambiar una cosa de la atención oncológica en Camboya, cambiaría el diagnóstico precoz”, afirma el Sr. Ra. “Saber que podrán recibir tratamiento una vez que haya abierto el nuevo centro motivará a los pacientes a venir antes”.

La cooperación internacional, en particular con el OIEA, ha sido determinante para crear el nuevo centro. Una vez que esté listo y en funcionamiento, el Sr. Eav prevé devolver en especie la ayuda que ha recibido durante estos años. “Nos tocará a nosotros apoyar a otros países y ofrecerles programas de formación y cursos de capacitación”.

“Me decían que tenía una imaginación desbocada”, añade el Sr. Eav con una gran sonrisa. “Ahora están más convencidos”.

# Avances en medicina nuclear: Entrevista a Satoshi Minoshima sobre el uso de la imagenología molecular para el diagnóstico de la demencia

*No existe cura para enfermedades como la demencia de Alzheimer, pero el diagnóstico exacto es importante para manejar la atención al paciente. Como mostró claramente a un público más amplio la película Siempre Alice en 2014, cuando la evaluación exacta de la fase de la enfermedad se retrasa sufren tanto los pacientes como los cuidadores. Aquí es donde entra en escena la imagenología molecular, que puede ofrecer una evaluación exacta de la enfermedad aun en presencia de otras patologías que enmascaren los síntomas.*

*Para hacerse una idea de las posibilidades de la imagenología molecular y su uso en el diagnóstico de los trastornos cerebrales, el Editor, Miklos Gaspar, conversó con el profesor Satoshi Minoshima, Jefe del Departamento de Radiología y Ciencias de la Imagen de la Universidad de Utah (Estados Unidos de América). El profesor Minoshima es radiólogo especializado en imagenología molecular y ha publicado más de 170 artículos en revistas arbitradas.*



*Minoshima ha sido presidente del Consejo de Imagenología del Cerebro de la Sociedad de Medicina Nuclear e Imagen Molecular (SNMMI) y actualmente es vicepresidente de la SNMMI y presidente de la Comisión de Imagenología Molecular de la Sociedad Radiológica de Norteamérica (RSNA). También dirige un proyecto coordinado de investigación del OIEA sobre el uso de la imagenología molecular para el diagnóstico de la demencia, con especial atención a las necesidades de los países en desarrollo.*

## **P: El uso de técnicas de imagenología molecular para las enfermedades cardíacas, el cáncer y los trastornos neurológicos es bien conocido. ¿Cómo pueden usarse esas técnicas para el diagnóstico de las enfermedades con demencia, como la de Alzheimer?**

**R:** La imagenología molecular del cerebro ha avanzado considerablemente durante los últimos decenios. Desde la década de 1990, la imagenología del cerebro mediante tomografía por emisión de positrones (PET) con el radiofármaco fluorodesoxiglucosa (FDG) y la imagenología por tomografía computarizada por emisión de fotón único (SPECT) de perfusión cerebral han sido instrumentos decisivos para que los médicos clínicos diagnostiquen diversos trastornos cerebrales, como la enfermedad de Alzheimer y otras formas de demencia. Aun cuando actualmente las enfermedades neurodegenerativas no pueden curarse, suelen requerir enfoques distintos y específicos para el tratamiento sintomático, la planificación de la asistencia y la orientación

para los cuidadores y los familiares. Esto significa que para atender mejor a los pacientes es esencial un diagnóstico diferencial más exacto.

Más recientemente, ha llegado a los entornos clínicos de muchos países la imagenología de amiloides por PET. Esta técnica detecta uno de los procesos patológicos fundamentales asociados a la enfermedad de Alzheimer. Es específico para los depósitos anormales de proteínas en la enfermedad de Alzheimer y ofrece una imagen más detallada que los radiotrazadores más generales que se empleaban en el pasado. Actualmente se está evaluando su valor clínico mediante ensayos que se llevan a cabo simultáneamente en varios centros.

La comunidad investigadora está evaluando otras tecnologías de imagen por PET nuevas, como la imagenología de la proteína tau y la imagenología de la inflamación. Todos estos esfuerzos están dirigidos no solo a ayudar a los pacientes en relación con la asistencia que reciben de manera cotidiana sino también a proporcionar conocimientos cruciales sobre el proceso de la enfermedad en sí mismo, que contribuirán a un mayor desarrollo terapéutico.

**P: La enfermedad de Alzheimer y otras demencias presentan síntomas evidentes. ¿Qué beneficio adicional puede comportar la imagenología molecular en su diagnóstico y por qué es necesaria?**

**R:** No todos los pacientes necesitan un diagnóstico mediante imagenología molecular. En realidad, entre el 85 % y el 90 % de los pacientes presentan síntomas comunes y típicos, por lo que los médicos clínicos pueden diagnosticarlos con exactitud sobre esa base. La imagenología molecular es útil en casos complejos o cuando existen otras afecciones y no puede establecerse con claridad a qué enfermedad son atribuibles los síntomas. La apoplejía es una enfermedad concomitante común. La apoplejía puede influir por sí misma en la función cerebral y alguno de sus síntomas pueden ser parecidos a los causados por la demencia neurodegenerativa. La imagenología molecular permite a los médicos distinguir entre ellas.

**P: Dos tercios de los 44 millones de personas que padecen demencia en todo el mundo viven en países en desarrollo. Esas técnicas son caras. ¿Es realista pensar que esos pacientes puedan tener acceso a esos instrumentos de diagnóstico?**

**R:** Si bien la PET-FDG y la SPECT de perfusión cerebral están bastante extendidas en muchos países en desarrollo, la imagenología molecular es una tecnología cara que no puede aplicarse a todos los pacientes que padecen demencia en el mundo. Esa misma cuestión del costo también se da en los países desarrollados.

Para utilizar la imagenología molecular del cerebro de la manera más eficaz, varias sociedades médicas han elaborado “criterios para el uso adecuado” de la imagenología del cerebro por PET. Mediante la aplicación de dichos criterios, deberíamos ser capaces de usar esa tecnología solo cuando pueda tener los mayores efectos en la atención de los pacientes y economizar así valiosísimos recursos. Además, se están desarrollando pruebas menos costosas que puedan aplicarse más ampliamente sin necesidad de una imagenología onerosa. En el futuro, el uso de esas tecnologías debería hacer innecesaria la utilización habitual de tecnologías de imagen caras y complejas y conducir, cabe suponer, a una utilización más eficaz de la imagenología para indicaciones clínicas específicas y pacientes con cuadros clínicos complejos.

**P: ¿Podría hablarnos de los proyectos de investigación del OIEA que usted dirige?**

**R:** La demencia, como la enfermedad de Alzheimer, puede presentarse con afecciones coexistentes, como enfermedades vasculares, diabetes e infección por el VIH. Estas enfermedades concomitantes son frecuentes en los países en desarrollo. Para contribuir a los futuros esfuerzos de diagnóstico en pacientes cuyas afecciones no se han establecido todavía es necesario un mayor análisis de los resultados de las imágenes del cerebro de pacientes de los que se sepa que presentan estas enfermedades concomitantes. El objetivo del proyecto del OIEA es recopilar y analizar esos resultados de las imágenes de diagnóstico.

**P: ¿Cómo puede el OIEA, también por conducto de este proyecto de investigación, ayudar a facilitar el acceso a la imagenología molecular en este campo?**

**R:** Son muchas las cosas en las que el OIEA puede ayudar. Concienciar sobre la tecnología y enseñar a médicos y pacientes cómo esa tecnología puede ayudar en la gestión clínica de la demencia es fundamental. El OIEA puede ayudar a hacer que esa tecnología esté disponible más ampliamente en los países en desarrollo mediante la evaluación de los recursos, la prestación de apoyo y la promoción del apoyo en los Estados Miembros.

# Una medicina nuclear sin barreras en Bangladesh

Nicole Jawerth



**A. Chowdhury acudió al NINMAS en Dhaka para someterse a una exploración de diagnóstico de los riñones.**

(Fotografía: N. Jawerth/OIEA)

En Bangladesh, la cantidad de personas que tienen un acceso asequible a la atención médica con fines de diagnóstico se ha triplicado en los diez últimos años, conforme el país ampliaba y reforzaba sus servicios de medicina nuclear. Los funcionarios de sanidad han trabajado constantemente, con el apoyo del OIEA, para crear un sistema de medicina nuclear con personal médico bien capacitado, instrumentos avanzados de imagenología y una fuente de radiofármacos esenciales eficaz en función del costo.

“Vine hoy porque esta es una instalación muy bonita, pero también porque es la opción más asequible”, dice la Sra. A. Chowdhury después de que se le realizara una exploración médica de los riñones en el Instituto Nacional de Medicina Nuclear y Ciencias Afines (NINMAS), en Dhaka. “Sin un hospital público de este tipo, no sé cómo habría podido conseguir esta ayuda.”

El NINMAS es uno de los 15 centros de medicina nuclear de financiación pública establecidos en Bangladesh en los últimos 20 años. Realiza anualmente más de 60 000 procedimientos de medicina nuclear (véase el recuadro titulado “Base científica”) en las áreas de oncología, cardiología, nefrología y estudios del cerebro. También ofrece servicios terapéuticos para afecciones de la tiroides y enfermedades de los ojos.

## El precio importa

Los centros de financiación pública, como el NINMAS, juegan un papel importante para los 170 millones de habitantes de Bangladesh, en particular para la cuarta parte de la población que vive por debajo del umbral de pobreza.

“El costo es algo muy importante para la gente de Bangladesh. Si no proporcionásemos asistencia subsidiada, como hacemos aquí en el NINMAS, muchas personas no podrían tener la atención que necesitan”, dice Raihan Hussain, Jefe de la División de Cardiología Nuclear y PEC-TC (tomografía por emisión de positrones-tomografía computarizada) del NINMAS.

Una exploración renal, como la que se le hizo a la Sra. Chowdhury, es un procedimiento de medicina nuclear sencillo que permite a los médicos evaluar el estado y el funcionamiento de los riñones del paciente, explica el Sr. Hussain. “En una consulta privada, este tipo de procedimiento cuesta como mínimo cinco veces más que en el NINMAS.”

Desde su establecimiento, el NINMAS trabaja con expertos del OIEA para comprar equipo, recibir capacitación y proseguir las investigaciones a fin de seguir mejorando y perfeccionando la atención de los pacientes. Sus médicos ahora también enseñan a estudiantes de medicina.

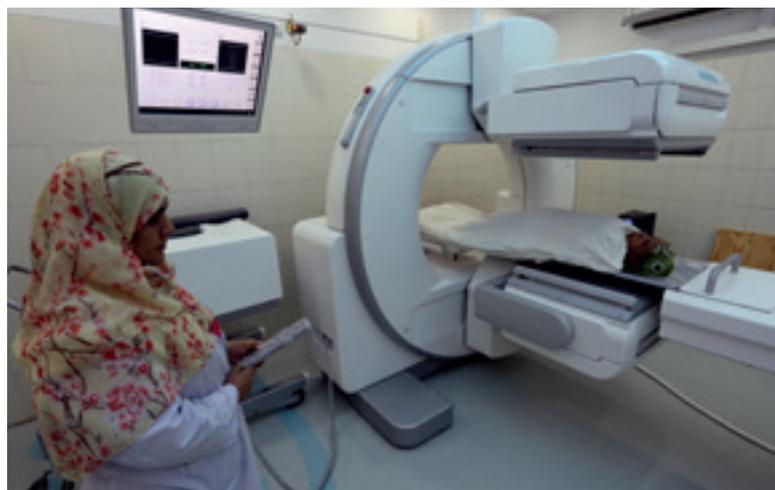
Los planes del NINMAS para el futuro incluyen la instalación de otra máquina de PET-CT y el establecimiento de una instalación de ciclotrón para producir radiofármacos clave, es decir, fármacos especializados que contienen pequeñas cantidades de material radiactivo (véase el recuadro titulado “Base científica”).

“Con la nueva máquina de PET-CT esperamos prácticamente duplicar el número de pacientes que podemos atender por semana con nuestras máquinas”, dice Nasreen Sultana, Profesora Asociada del NINMAS. “Tener un ciclotrón nos ayudará a producir con eficacia económica los radiofármacos empleados para las exploraciones por PET.”

### Producción de radiofármacos

La mayor parte de los radiofármacos empleados en los centros de medicina nuclear de Bangladesh provienen actualmente del laboratorio de producción de radioisótopos alojado en el Instituto de Ciencia y Tecnología Nucleares de la Comisión de Energía Atómica de Bangladesh, en Savar, en las afueras de Dhaka. El laboratorio cuenta con un reactor de investigación de 3 megavatios (MW) para preparar y suministrar los radiofármacos utilizados en los más 500 000 procedimientos que se efectúan cada año en los centros de medicina nuclear.

Además de yodo 131 —un radioisótopo que se usa principalmente para el diagnóstico y tratamiento de trastornos de la tiroides—, el laboratorio produce generadores de molibdeno 99 (Mo 99)/tecnecio 99m (Tc 99m). El Tc 99m es un radioisótopo que se usa en el 80 % de los procedimientos de medicina nuclear. Cada semana se fabrican en el laboratorio entre 18 y 20 generadores —dispositivos utilizados para extraer Tc 99m de Mo 99 para uso médico— a un costo considerablemente menor que el que representaría la importación de generadores ya terminados. Las instalaciones se crearon por conducto de proyectos de cooperación técnica del OIEA.



**El aumento de la población de Bangladesh hace que cada vez sean más las personas que necesitarán servicios de medicina nuclear como los que proporciona el NINMAS.**

(Fotografía: N. Jawerth/OIEA)

Merced a su colaboración con el OIEA, el laboratorio ahora tiene una instalación de sala blanca con certificación ISO para fabricar kits fríos de Tc 99m, que se emplean para preparar los radiofármacos de Tc 99m que se usarán en los procedimientos de diagnóstico.

“También planeamos tener un reactor nuevo de 20 o 30 MW dentro de los próximos diez años. Así podremos fabricar isótopos localmente y después tal vez suministrarlos a otros países”, dice M. Azizul Haque, Jefe de la División de Producción de Radioisótopos del Instituto de Ciencia y Tecnología Nucleares de la Comisión de Energía Atómica de Bangladesh.

## BASE CIENTÍFICA

### Qué es la medicina nuclear

Las técnicas de medicina nuclear se utilizan más a menudo para evaluar el funcionamiento de cualquier órgano o estructura del cuerpo. Proporcionan una información extraordinaria y ofrecen la posibilidad de reconocer las enfermedades en las primeras fases.

La mayoría de los procedimientos de medicina nuclear tienen lugar en el interior del cuerpo mediante medicamentos especializados denominados radiofármacos, que contienen radionucleidos. Cuando estos fármacos entran en el cuerpo, interactúan con determinados tejidos u órganos. Un detector especial, como una cámara gamma, fuera del cuerpo puede detectar las pequeñas cantidades de radiación emitidas desde el órgano o tejido. La cámara convierte esa información en imágenes del tejido u órgano en cuestión. Mediante el uso de radiofármacos, los médicos pueden obtener información exacta sobre el órgano o tejido, así como sobre el funcionamiento de órganos como el corazón, los riñones o el hígado, entre otros.

La medicina nuclear se utiliza también para el tratamiento de algunas enfermedades y alteraciones de la salud. Los médicos eligen cantidades pequeñas de radiofármacos que determinadas partes del cuerpo absorben en mayor grado y más eficientemente que las otras partes del cuerpo. Esto les permite apuntar a zonas específicas durante el tratamiento. Las pequeñas cantidades de radiación de los radiofármacos matan las células que están causando el trastorno de salud, con un mínimo efecto en las demás células que rodean la zona y en el resto del cuerpo.

# El OIEA apoya la garantía de calidad mediante auditorías clínicas y dosimétricas exhaustivas

Las auditorías de calidad independientes que forman parte de programas integrales de garantía de calidad se consideran un medio eficaz para verificar la calidad de las prácticas de medicina radiológica. Las auditorías de calidad incluyen distintos tipos y niveles de análisis. En este artículo se resumen los servicios de auditoría prestados por el OIEA, incluidas las auditorías relativas a los niveles de las dosis administradas en las clínicas de radioncología.

El OIEA promueve la necesidad de realizar auditorías periódicas en el campo de la medicina radiológica, mediante misiones de examen por homólogos efectuadas por expertos, y ha elaborado directrices exhaustivas que pueden facilitar el proceso de auditoría en todas las disciplinas, concretamente, la radioterapia, la medicina nuclear y la radiología de diagnóstico. Además, elabora directrices en las que se establecen los principios y criterios que definen las buenas prácticas de los distintos ámbitos del servicio clínico y, posteriormente, formula directrices destinadas a la realización de las auditorías.

## QUAADRIL

Mediante la metodología de la **Auditoría de Garantía de Calidad para la Mejora y el Aprendizaje en Radiología de Diagnóstico (QUAADRIL)**, publicada en 2010, se presta asistencia a los hospitales y a los centros de diagnóstico en la evaluación de la eficacia de los servicios de radiología de diagnóstico y de las prácticas y los procedimientos de examen, a fin de determinar más adecuadamente las deficiencias e indicar el modo de mejorar la calidad. Las conclusiones de una auditoría QUAADRIL incluyen recomendaciones concretas encaminadas a:

- mejorar la práctica clínica;
- fortalecer el programa de garantía de calidad;
- garantizar que se cumplan los requisitos de protección de los pacientes;
- crear programas locales de auditoría clínica (interna o nacional).

Dado que la finalidad de una auditoría clínica es mejorar la calidad, cabe prever que el establecimiento sanitario objeto de auditoría elaborará un plan de acción en respuesta a las recomendaciones de la auditoría QUAADRIL. Posteriormente, ese plan de acción puede utilizarse para supervisar las medidas adoptadas por el establecimiento, y podrá preverse un examen de seguimiento o una auditoría con arreglo a dicho plan.

## QUATRO

Las auditorías del **Grupo de Garantía de Calidad en Radioncología (QUATRO)** ayudan a los centros de radioterapia a alcanzar el mejor nivel de práctica posible

teniendo en cuenta sus circunstancias económicas. El funcionamiento del grupo QUATRO se basa en la participación de tres expertos dentro de los grupos de auditoría, a saber, un físico médico, un radioncólogo y un técnico de radioterapia.

Los expertos del grupo QUATRO cuentan con una dilatada experiencia en ese campo y reciben capacitación especializada en relación con la metodología de auditoría. El grupo examina todo el programa de radioterapia, que incluye, entre otras cosas, la organización, la infraestructura y los aspectos clínicos del proceso de radioterapia, así como los relativos a la física médica y la seguridad. También examina la competencia profesional de los departamentos con vistas a mejorar la calidad. Los auditores reconocen los puntos fuertes de las prácticas de radioterapia y definen las deficiencias en materia de tecnología, recursos humanos y procedimientos, dando a los centros sometidos a auditoría la posibilidad de documentar esferas que podrían mejorarse. Desde julio de 2017, el OIEA ha llevado a cabo 91 auditorías de ese tipo a escala mundial.

## QUANUM

El programa de **Auditoría de Gestión de la Calidad en las Prácticas de la Medicina Nuclear (QUANUM)** fue elaborado por el OIEA en 2009 y ofrece una evaluación específica, armonizada y exhaustiva de la calidad de los servicios clínicos de medicina nuclear prestados por los Estados Miembros. Incluye determinar cuáles son los aspectos positivos y cuáles los negativos, así como la prestación de apoyo a los establecimientos para que puedan fijar sus necesidades prioritarias, emprender la planificación pertinente y gestionar los recursos adecuadamente. El objetivo fundamental de las auditorías es mejorar la práctica clínica.

El programa ofrece a los médicos especialistas en medicina nuclear un instrumento para evaluar el cumplimiento de las normas internacionales. Desde su puesta en marcha en 2009 se han llevado a cabo 53 misiones de auditoría en 39 países.

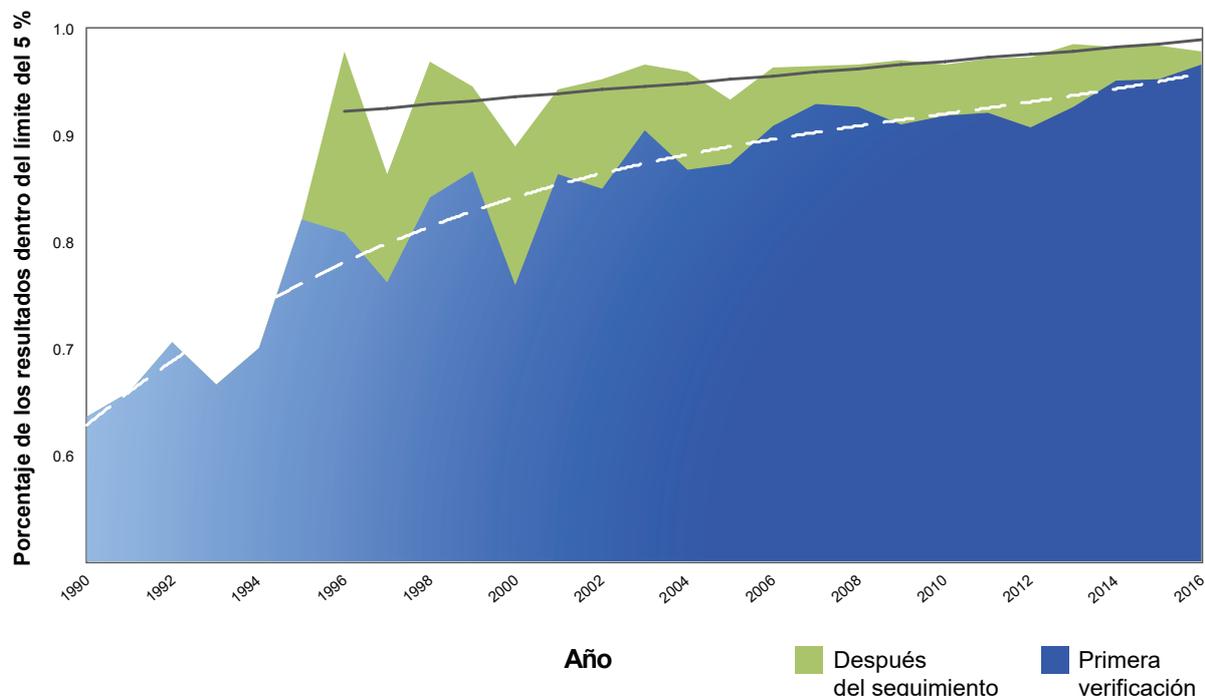
El OIEA organiza periódicamente programas de formación a fin de capacitar a los grupos multidisciplinarios de auditores para que apliquen la cultura de la calidad en relación con las distintas prácticas de medicina nuclear.

## Auditoría dosimétrica para radioterapia del OIEA y la OMS (Organización Mundial de la Salud)

El Laboratorio de Dosimetría del OIEA ofrece un programa de verificación dosimétrica con arreglo al que periódicamente se someten a inspección las prácticas dosimétricas con un

## Aumento de la exactitud de los resultados de las auditorías dosimétricas postales del OIEA y la OMS

La gráfica muestra el porcentaje de los resultados que se ajusta al límite de aceptación del 5 % registrados en el servicio de auditoría dosimétrica postal del OIEA y la OMS entre 1990 y 2016. La parte azul refleja los resultados de la primera verificación, mientras que la verde corresponde a los resultados obtenidos durante la fase de seguimiento, una vez repetidas las irradiaciones por calibración dosimétrica en el período indicado. La gráfica pone de manifiesto la notable mejora registrada durante ese período.



alto grado de exactitud. Su objetivo es garantizar que los equipos de radioterapia de todo el planeta estén debidamente calibrados para que el tratamiento del cáncer sea riguroso, fiable y eficaz.

El programa de verificación dosimétrica OIEA/OMS, que se instauró en 1969, es gratuito para los usuarios finales. En el marco de ese programa, se envían dispositivos de medición de pequeñas dosis, denominados dosímetros, a las clínicas por correo postal. Allí se somete el dosímetro a la dosis de radiación que se administraría a un paciente. A continuación, el dosímetro se devuelve por correo al Laboratorio de Dosimetría del OIEA, donde se toman mediciones precisas para comparar la dosis de radiación que el hospital deseaba administrar y la que realmente se administró.

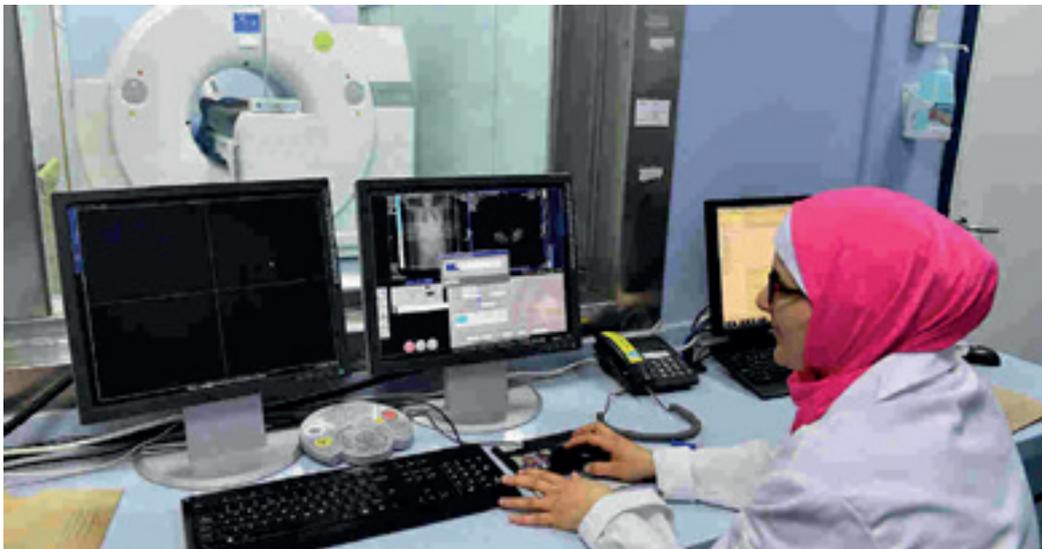
Por pequeña que sea, una diferencia del 5 % en la dosis de radiación deseada puede cambiar el resultado de la radioterapia. Una dosis inferior a la deseada podría reducir la eficacia del tratamiento, mientras que una dosis superior podría dañar los órganos del paciente. Al perseguir el mayor grado de exactitud en la dosificación, la verificación dosimétrica contribuye a eliminar esos riesgos.

A fin de evitar que los errores dosimétricos provoquen lesiones por radiación, el Laboratorio de Dosimetría investiga los casos en los que el resultado de una verificación no llega a los niveles de aceptación. Cuando se detecta una discrepancia, se avisa al establecimiento sanitario para que repita la prueba. Si la inexactitud se reproduce en la verificación, el OIEA proporciona el apoyo de expertos a fin de ayudar al hospital a resolver el problema de manera eficaz.

Desde que el programa se puso en marcha, los resultados registrados en las auditorías de dosimetría reflejan un aumento constante en la capacidad de los hospitales para administrar la dosis adecuada: así, mientras que en 2000, 94 de los 391 resultados registrados (un 24 %) pusieron de manifiesto discrepancias, en 2016, tan solo 21 de los 623 resultados obtenidos (un 3 %) lo hicieron. El mérito de esta mejora no puede atribuirse únicamente al mejoramiento de la tecnología del equipo de radiación. De hecho, la accesibilidad a verificaciones dosimétricas exactas posibilitada a través de la auditoría del OIEA y la OMS ha contribuido a incrementar esa exactitud, señala Joanna Izewska, Jefa del Laboratorio de Dosimetría del OIEA. Hasta la fecha, más de 2200 centros de radioterapia de 132 países han participado en las auditorías.

# Jordania apuesta por la teranóstica, un campo avanzado de la nanomedicina para el manejo del cáncer

Aabha Dixit



Un miembro del personal médico analiza la imagen de un paciente obtenida mediante PET/CT en el Centro Oncológico Rey Hussein.

(Fotografía: D. Calma/OIEA)

Aunque dos meras palabras, “tiene cáncer”, pueden cambiar drásticamente la vida de una persona, los avances médicos permiten, cada vez más, realizar diagnósticos precoces y, de este modo, hacer que sea posible tratar la enfermedad. En el Centro Oncológico Rey Hussein de Ammán (Jordania), se utilizan un amplio espectro de técnicas de la medicina nuclear y tecnologías avanzadas con fines de diagnóstico y tratamiento.

Este centro, que cada año diagnostica y trata entre 4000 y 5000 nuevos casos de cáncer, es uno de los hospitales de referencia de Oriente Medio para el tratamiento del cáncer en la región y un tercio de sus pacientes proceden del extranjero.

“El objetivo del Centro Oncológico Rey Hussein es garantizar que los procedimientos en los que interviene la imagenología molecular y la teranóstica se llevan a cabo prestando la máxima atención y extremando el cuidado”, señala Akram N. Al-Ibraheem, presidente del Departamento de Medicina Nuclear del Centro. Las tecnologías teranósticas son procedimientos basados en la nanotecnología que tienen por objeto mejorar la imagenología y el tratamiento para la atención del cáncer, y ofrecen productos y servicios biomédicos de atención de salud de última generación. “Aunque presentan múltiples beneficios, si no se siguen los procedimientos adecuados, existen riesgos importantes para la seguridad del paciente”, advierte.

Las técnicas y tecnologías de la medicina radiológica, que incluyen las disciplinas de la medicina nuclear, la radiología de diagnóstico y la radioterapia, proporcionan medios eficaces para combatir el cáncer. Ofrecen unos beneficios sin precedentes, lo que permite obtener datos sobre las funciones fisiológicas, los procesos biológicos y la morfología que, a su vez, brindan información más específica en relación con la función de los órganos y la enfermedad.

## Las células cancerosas en el punto de mira de las técnicas teranósticas

La teranóstica, en particular, puede cambiar todo el programa de atención de salud para el tratamiento del cáncer. Integra en una única plataforma capacidades de diagnóstico molecular y terapéuticas, proporcionando de este modo un método eficaz para detectar y caracterizar una enfermedad tanto a nivel celular como molecular a fin de definir un tratamiento específico. Este enfoque no solo permite diagnosticar la enfermedad sino también predecir cuándo actuará el fármaco, y puede utilizarse para vigilar la respuesta al tratamiento.

“En la era de la teranóstica, emplearemos la firma molecular de la enfermedad, estudiando para ello los cambios en las proteínas y el ADN de las células enfermas del paciente, lo que, en última instancia, nos permitirá administrar el tratamiento adecuado a cada paciente”, afirma el Dr. Al-Ibraheem. La firma molecular es un conjunto de genes, proteínas y variantes genéticas que pueden emplearse como marcadores para evaluar las características de los genes.

La teranóstica se dirige contra un tumor o una región concretos del organismo enfermo. Empleando una nanopartícula revestida, el fármaco se introduce en el organismo y viaja hasta el lugar específico en el que se encuentra el tumor para atacar directamente las células cancerosas. Los efectos en las zonas circundantes son limitados.

La imagenología molecular y la teranóstica se sirven de la tomografía por emisión de positrones combinada con la tomografía computarizada (PET/TC) de la medicina nuclear. Lo que distingue a la teranóstica es que la misma nanopartícula o molécula puede servir para obtener una imagen del tumor o para tratarlo, en función del isótopo específico que se emplee para el marcado. Ello elimina las incertidumbres inherentes a la utilización de compuestos distintos para el diagnóstico y el tratamiento.

El Centro Oncológico Rey Hussein introdujo la teranóstica en junio de 2015, en especial para tratar a pacientes con tumores neuroendocrinos, un crecimiento anormal de los tejidos que se produce principalmente en el intestino, el páncreas y los pulmones. La mayoría de los pacientes que recibieron ese tratamiento en el Centro Oncológico Rey Hussein han experimentado una importante mejora en su calidad de vida y presentan una mayor tasa de supervivencia. En algunos casos, se produjo una reacción parcial al tratamiento teranóstico, como demuestran las modalidades de obtención de imágenes y los biomarcadores, añade el Dr. Al-Ibraheem.

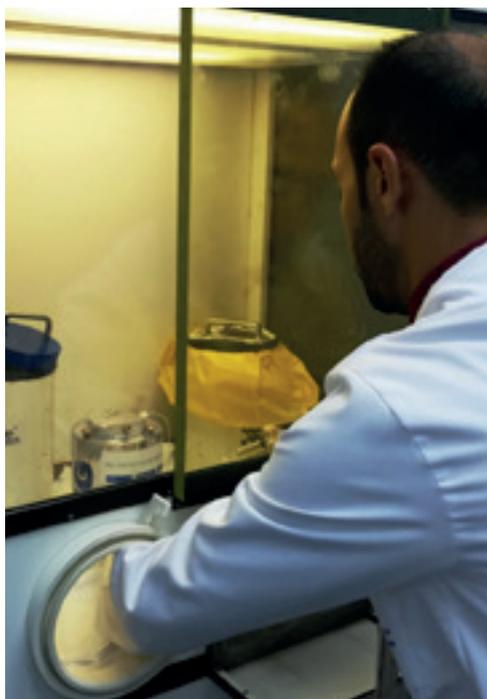
### **Difundir el mensaje**

Sensibilizar sobre cómo puede contribuir la medicina nuclear al tratamiento del cáncer no es una tarea fácil en los países donde la palabra “cáncer” sigue siendo tabú. El Dr. Al-Ibraheem indica que el Centro Oncológico Rey Hussein ha puesto en marcha una campaña de sensibilización pública para promover el lema “con un diagnóstico correcto, es mucho más fácil determinar el tratamiento adecuado”, en cuyo marco se organizan talleres. La campaña se dirige a organismos locales de la sociedad civil como parte de las iniciativas emprendidas para sensibilizar a la población sobre la importancia de la detección precoz y la prevención, y recaudar fondos para el Centro.

Corregir los estereotipos culturales y sociales sobre el cáncer y alentar a la gente a que se someta a pruebas deben ser procesos paralelos, señala. En palabras del doctor, tanto los pacientes que se han recuperado como sus familias desempeñan un papel decisivo a la hora de difundir el modo en que esta “nueva tecnología” ayuda a combatir el cáncer.

### **Impartir capacitación específica en materia de medicina nuclear y diagnóstico**

Disponer de equipo médico avanzado no es suficiente: igualmente importante es impartir al personal médico la capacitación necesaria. Como parte de sus esfuerzos para garantizar la prestación de una atención de calidad, el Centro Oncológico Rey Hussein cuenta con un centro de capacitación



**Un técnico de medicina nuclear prepara un radiofármaco para su uso en PET/CT para un paciente con un tumor neuroendocrino.**

(Fotografía: Centro Oncológico Rey Hussein, Jordania)

específico que ofrece enseñanza y formación en materia de medicina nuclear y diagnóstico entre otras disciplinas relacionadas con la atención oncológica.

El centro ofrece cursos médicos y no médicos dirigidos al personal del Centro Oncológico Rey Hussein y a profesionales de la salud de todo el país y la región. La formación impartida incluye un programa de enseñanza integral sobre enfermería oncológica, que proporciona directrices y procedimientos detallados sobre el uso seguro del equipo de medicina nuclear y diagnóstico. A fin de obtener los máximos beneficios y reducir al mínimo los riesgos, es fundamental que las aplicaciones nucleares en el campo de la medicina tengan en cuenta en todo momento los distintos aspectos relacionados con la seguridad radiológica, la dosimetría adecuada y los procedimientos de garantía de calidad.

### **Apoyo del OIEA**

Por medio del programa de cooperación técnica, el OIEA ha ayudado al Centro Oncológico Rey Hussein a poner en marcha programas de capacitación en materia de medicina nuclear y diagnóstico. La formación impartida a médicos nucleares, radiólogos, radioterapeutas y físicos médicos ha contribuido a crear un grupo de profesionales de alto nivel capacitados para tratar el cáncer en cualquier momento señala el Dr. Al-Ibraheem. Esa capacitación ha sido posible gracias a la transmisión de conocimientos especializados, becas, cursos de formación e intercambios de información en ámbitos como la oncología radiológica y la física médica.

# Los organismos de las Naciones Unidas ponen en marcha un programa mundial conjunto para la prevención y el control del cáncer cervicouterino

Aabha Dixit



**La braquiterapia es una parte importante del tratamiento de radioterapia contra el cáncer cervicouterino.**

(Fotografía: D. Calma/OIEA)

En 2012, más de 260 000 mujeres murieron por causa del cáncer cervicouterino en todo el mundo, lo que equivale a una mujer cada dos minutos. Más del 90 % de esas muertes se registró en países en desarrollo. En respuesta a esta crisis de salud de proporciones mundiales, el año pasado siete organismos de las Naciones Unidas pusieron en marcha el Programa Mundial Conjunto de las Naciones Unidas sobre la Prevención y el Control del Cáncer Cervicouterino, que tiene un carácter quinquenal.

A principios de año, distintos grupos de expertos examinaron los programas de prevención y control del cáncer cervicouterino de Mongolia, Marruecos y Myanmar, los tres primeros países piloto del proyecto. En las recomendaciones formuladas, se alentó a esos países a que tomaran medidas concretas encaminadas a mejorar la prevención, la detección y el diagnóstico precoz del cáncer cervicouterino, así como el acceso a tratamiento, incluidos la radioterapia y los cuidados paliativos. A finales de año se someterán a examen otros tres países, a saber, Bolivia, Kirguistán y Tanzania.

“La decisión de centrar esta iniciativa mundial en el cáncer cervicouterino refleja hasta qué punto son importantes las dimensiones económica y humana de una enfermedad que afecta a las mujeres durante sus años más productivos”, señala May Abdel-Wahab, Directora de la División de Salud Humana

del OIEA. El objetivo del proyecto es conseguir que la tasa de mortalidad por cáncer cervicouterino descienda en un 25 % antes de 2025 en los países participantes, reduciendo el número de casos de este tipo de cáncer y mejorando las tasas de supervivencia, añade.

La transferencia de conocimientos y la capacitación son elementos fundamentales de la asistencia prestada para mejorar la calidad y la seguridad de la radioterapia. Por ejemplo, en Myanmar, el equipo de las Naciones Unidas señaló en sus recomendaciones la necesidad de impartir una mayor formación a los radioncólogos, físicos médicos y técnicos de radioterapia de los centros públicos de radioterapia, a fin de contribuir a mejorar las competencias y la capacitación para un uso seguro y eficaz de los aparatos de radioterapia, afirma Rajiv Prasad, radioncólogo del OIEA que formó parte del equipo de las Naciones Unidas que visitó el país.

Durante la visita se señaló la importancia de elaborar directrices nacionales sobre el tratamiento del cáncer cervicouterino y de crear un mecanismo eficaz de transferencia de pacientes aquejados de esa enfermedad. “La consolidación de una plantilla de profesionales capacitados que respalde los servicios de radioterapia es fundamental para la evaluación y el control del cáncer”, señala el Sr. Prasad.

Las actividades del programa conjunto también incluyen la elaboración de planes nacionales de amplio alcance para combatir el cáncer cervicouterino, destinados a aumentar la capacidad de los sistemas sanitarios en materia de diagnóstico y tratamiento de esta enfermedad y prestar cuidados paliativos.

“El OIEA desempeña un papel destacado en esta iniciativa, dado que la radioterapia —tanto la radioterapia externa como la braquiterapia— es un elemento importante en el tratamiento del cáncer cervicouterino. Más del 70 % de las mujeres que sufre esta enfermedad necesita radioterapia con fines terapéuticos o paliativos”, afirma la Sra. Abdel-Wahab, quien añade que la radioterapia mejora el control del cáncer localmente en la pelvis y conduce a un aumento de las tasas de supervivencia.

El cáncer cervicouterino también puede prevenirse mediante la vacunación contra el virus del papiloma humano (VPH) y la detección precoz por medio de cribado. Se estima que si hoy en día las niñas tuvieran acceso a una vacuna específica contra el cáncer cervicouterino se podría evitar que alrededor de 600 000 de ellas desarrollasen dicho cáncer en una etapa posterior de la vida —y que 400 000 muriesen debido a esta enfermedad evitable—. En ese contexto, la importancia de inmunizar a todas las niñas adolescentes contra el VPH y la necesidad crucial de que todas las mujeres tengan acceso a un tratamiento eficaz de las lesiones precancerosas son aspectos clave del programa.

### **Mejorar la atención oncológica dirigida a las mujeres**

Distintos expertos internacionales trabajarán con los seis países de ingresos medianos y bajos seleccionados, a fin de movilizar los recursos necesarios para concienciar a la población por canales internos, bilaterales y multilaterales, y reducir la morbilidad y la mortalidad provocadas por esta enfermedad. El objetivo es lograr que, al cabo de un periodo de cinco años, cada país participante cuente con un programa nacional de control del cáncer cervicouterino eficaz que funcione adecuadamente y sea sostenible.

Si bien el cáncer cervicouterino es una enfermedad curable, muy a menudo se descubre demasiado tarde para poder evitar la morbilidad o la muerte, afirma la Sra. Abdel-Wahab. En ese sentido, la adopción de medidas proactivas podría reducir considerablemente la tasa de mortalidad por cáncer cervicouterino.

El mandato y la función singulares que desempeña el OIEA en el campo de la medicina radiológica, que engloba la medicina nuclear, la radiología de diagnóstico y la radioterapia, son factores importantes para alcanzar los objetivos que persigue esta iniciativa mundial contra el cáncer cervicouterino.

Es importante contar con medios bien estructurados a nivel nacional en el ámbito de la medicina radiológica, explica el Sr. Prasad. Los medios disponibles varían considerablemente

y el acceso a servicios de radioterapia de calidad, por ejemplo, es muy limitado en los países de ingresos medianos y bajos, donde se concentra el 85 % de la población mundial, si bien solo disponen de aproximadamente un tercio de las instalaciones de radioterapia que hay en el mundo, añade.

Nicholas Banatvala, Asesor Superior de la Organización Mundial de la Salud y el Grupo de Tareas Interinstitucional de las Naciones Unidas sobre las Enfermedades No Transmisibles describió la función del grupo de tareas en lo que respecta a facilitar la colaboración de los organismos de las Naciones Unidas con miras a encontrar una solución más integral para hacer frente al problema de las enfermedades no transmisibles: “En lo que atañe al cáncer cervicouterino, nuestro objetivo es trabajar con entidades asociadas de ámbito mundial y nacional para lograr que, tras un período de cinco años, cada país participante haya puesto en marcha un programa nacional para el control del cáncer cervicouterino que sea eficaz, sostenible y funcione adecuadamente”, apunta.

El Grupo de Tareas Interinstitucional de las Naciones Unidas sobre las Enfermedades No Transmisibles, encargado de prevenir y combatir el cáncer cervicouterino, está integrado por el OIEA y otros seis organismos de las Naciones Unidas, a saber: la Organización Mundial de la Salud, el Centro Internacional de Investigaciones sobre el Cáncer, el Programa Conjunto de las Naciones Unidas sobre el VIH/SIDA, el Fondo de Población de las Naciones Unidas, el Fondo de las Naciones Unidas para la Infancia (UNICEF) y ONU Mujeres.



**El grupo internacional de expertos del programa mundial conjunto de las Naciones Unidas visita Mongolia para formular orientaciones y recomendaciones con el fin de impulsar el programa nacional contra el cáncer cervicouterino.**

(Fotografía: Oficina de la Organización Mundial de la Salud, Mongolia)

# Dosis correcta para un diagnóstico preciso: seguimiento de las dosis de radiación administradas a los pacientes y utilización de los niveles de referencia para diagnósticos

Aabha Dixit

**E**valuar los niveles de dosis de radiación durante procedimientos radiológicos con fines de diagnóstico y utilizar esos datos para mejorar la calidad de los exámenes de diagnóstico y la seguridad de los pacientes es fundamental en la radioterapia.

Cada año se llevan a cabo en todo el mundo aproximadamente 3600 millones de procedimientos radiológicos de diagnóstico. A pesar de que el uso de la radiación ionizante con fines médicos presenta muchas ventajas, también puede incrementar el riesgo de sufrir cáncer en una etapa posterior de la vida. Utilizar más radiación de la necesaria para obtener un diagnóstico médico puede exponer al paciente a un riesgo mayor sin que ello le reporte ningún beneficio adicional. Lo ideal es que los procedimientos de imagenología médica se realicen únicamente cuando estén debidamente justificados y que empleen la menor cantidad posible de radiación que sea necesaria para obtener una calidad de imagen suficiente para diagnosticar enfermedades o lesiones.

“Dado que cualquier diagnóstico médico está centrado en el paciente, la evaluación de las dosis y los niveles de referencia para el diagnóstico se consideran instrumentos importantes para optimizar la protección radiológica de los pacientes”,

**Analizar las dosis de radiación administradas a los pacientes durante procedimientos radiológicos con fines de diagnóstico es fundamental para mejorar la seguridad de los pacientes.**

(Fotografía: Hospital Tokuda, Bulgaria)



señala Ehsan Samei, Catedrático de Radiología y Física Médica en el Hospital Universitario de la Universidad de Duke, en los Estados Unidos.

“En algunos casos, se administra al paciente una dosis incorrecta, lo que puede poner en peligro la calidad del diagnóstico. Por consiguiente, es necesario evaluar periódicamente las dosis administradas en procedimientos radiológicos con miras a garantizar la seguridad de los pacientes y la calidad de las imágenes médicas”, añade.

## ¿Qué son los niveles de referencia para el diagnóstico?

Los niveles de referencia para el diagnóstico son un instrumento práctico que permite a los profesionales de la salud comparar procedimientos de diagnóstico por imagen realizados en todo un país. Esos niveles se aplican a un grupo de pacientes específico, como adultos o niños de distintas edades y pesos, y están relacionados con pruebas médicas concretas, como las radiografías, la tomografía computarizada o los procedimientos de intervención guiada por imágenes.

A fin de garantizar la eficacia y la exactitud de las imágenes obtenidas, cada hospital debería comparar los niveles de dosis locales con los niveles de referencia para el diagnóstico de ámbito nacional o regional, señala el Sr. Samei. “Para alcanzar ese objetivo, necesitamos disponer de niveles de referencia para el diagnóstico específicos.” Los niveles de referencia para el diagnóstico deberían estar relacionados con la finalidad de la imagenología. Por ejemplo, la imagenología oncológica y cardiovascular pueden tener niveles de referencia distintos. El objetivo es dotarse de una metodología universalmente acordada para establecer y utilizar niveles de referencia para el diagnóstico, añade.

La aplicación práctica de los niveles de referencia para el diagnóstico es una tarea compleja que requiere un conocimiento exhaustivo de la tecnología médica, así como competencias técnicas para llevar a cabo dosimetrías clínicas y analizar la calidad de las imágenes. Requiere una coordinación eficaz entre la autoridad sanitaria, los organismos profesionales pertinentes, la autoridad reguladora nuclear y las instalaciones médicas que deseen participar en la recopilación de datos, afirma Peter Johnston, Director de la División de Seguridad Radiológica, del Transporte y de los Desechos del OIEA.

También es fundamental que exista un marco regulador y jurídico integral, un programa permanente de sensibilización e instrumentos eficaces de evaluación a fin de aplicar normas de seguridad internacionalmente acordadas sobre protección radiológica de los pacientes, añade.

### ¿Por qué es necesario hacer un seguimiento de los datos sobre dosis de radiación?

La existencia de un sistema de registro, notificación y análisis preciso y periódico de las dosis de radiación administradas a los pacientes en los establecimientos médicos puede contribuir a mejorar la práctica y reducir las dosis sin que la calidad del diagnóstico se resienta. Esa información puede emplearse para establecer niveles de referencia para el diagnóstico a escala nacional y regional. Hacer un seguimiento de la información relativa a la exposición correspondiente a cada paciente también puede ayudar a prevenir exposiciones innecesarias.

El personal médico debe seguir unas reglas estrictas y está capacitado para garantizar la seguridad de los pacientes a los que se administran radioisótopos con fines de diagnóstico o terapéuticos.

En ocasiones, los pacientes pasan de una instalación de imagenología a otra, en las que se someten a nuevas pruebas, lo que comporta una duplicación de los exámenes radiológicos, señala Simone Kodlulovich, Presidenta de la Asociación Latinoamericana de Física Médica (ALFIM). “Muchos países carecen de un sistema de datos que permita hacer un seguimiento de las dosis. Tenemos que ser más consecuentes y seguir coherentemente las directrices establecidas.”

Otra esfera a la que los profesionales de la salud deben prestar especial atención al llevar a cabo exámenes es la imagenología con niños, pues son más sensibles a la radiación. Monitorizar las dosis que se administran a los niños en instalaciones médicas contribuye a mejorar los resultados clínicos y reduce los riesgos. Sin unas orientaciones adecuadas y especializadas, la tecnología avanzada podría provocar que aumentara significativamente la exposición de los pacientes a la radiación ionizante, afirma la Sra. Kodlulovich.

### Cooperación y coordinación para evitar una utilización excesiva

Los rápidos avances tecnológicos en el ámbito de la imagenología médica brindan nuevas oportunidades para hacer un seguimiento de las dosis de los pacientes y determinar valores de referencia al respecto de manera automática. Las primeras pruebas obtenidas en algunos países que cuentan con sistemas electrónicos más avanzados son muy prometedoras, indica el Sr. Samei. Además, es necesario que los fabricantes de equipos médicos y los desarrolladores de programas informáticos especializados en el seguimiento de las dosis se impliquen más a fin de establecer unas normas adecuadas, así como para coordinar futuras mejoras.



### Los niños son más sensibles que los adultos a las dosis de radiación.

(Fotografía: Hospital infantil McMaster, Canadá)

### ¿Qué debo saber?

Dos principios generales de la protección radiológica, esto es, justificación y optimización, se aplican a la exposición de los pacientes que se someten a procedimientos radiológicos médicos.

La justificación de la exposición médica supone sopesar los beneficios de diagnóstico o terapéuticos de la exposición y sus posibles efectos nocivos, teniendo en cuenta los beneficios y los riesgos de las técnicas alternativas disponibles que no precisan una exposición a la radiación ionizante.

La optimización de la protección y la seguridad en la exposición médica relacionada con el diagnóstico y las intervenciones supone limitar la exposición de los pacientes al mínimo necesario para alcanzar el objetivo requerido en lo que respecta al diagnóstico o intervención.

Los límites de las dosis no se aplican a la exposición médica, ya que podrían limitar los beneficios para el paciente.

# Albania mejora el tratamiento de radioterapia para enfermos de cáncer con ayuda del OIEA

Jeremy Li



**Personal médico a punto de iniciar una sesión de radioterapia con el primer acelerador lineal del departamento de radioterapia del Hospital Universitario “Madre Teresa” de Tirana.**

(Fotografía: Hospital Universitario “Madre Teresa”, Albania)

Debido a la falta de instalaciones y equipo adecuados para el tratamiento del cáncer en los países en desarrollo, muchos enfermos no reciben tratamiento. Los aparatos de radioterapia son una parte fundamental de cualquier tratamiento eficaz del cáncer, pero su adquisición y mantenimiento es caro. Gracias a la ayuda del OIEA, Albania ha podido ofrecer servicios de radioterapia a los enfermos de cáncer del país y contará con otro eficaz acelerador lineal de última generación.

El cáncer sigue siendo un importante problema de salud pública en Albania. Según el Ministerio de Salud del país, tras las enfermedades cardiovasculares, el cáncer es la segunda causa más importante de muerte (16,6 %). Cada año se registran unos 7140 casos nuevos, de los que 3900 necesitarán radioterapia como parte del tratamiento de la enfermedad. Con una población de 3,3 millones de habitantes, en la actualidad, Albania cuenta con cinco aparatos de radioterapia: una bomba de cobalto y un acelerador lineal que se encuentran en el departamento de radioterapia del Hospital Universitario

“Madre Teresa”, en la capital del país, Tirana; otro acelerador lineal, en el departamento de neurocirugía de ese mismo hospital, y otros dos aceleradores lineales que pertenecen a consultas privadas.

En 2015, Albania recibió ayuda del Gobierno de Austria para adquirir el primer acelerador lineal del departamento de radioterapia del Hospital Universitario. El OIEA prestó asistencia en la puesta en servicio del aparato y contribuyó a capacitar al personal médico con respecto a su utilización y a la seguridad radiológica.

El OIEA también está ayudando al país a instalar antes del final de 2017 otro acelerador lineal en el Hospital Universitario. Esa asistencia consiste, entre otras cosas, en aportar un equipo que garantice la calidad, que permita medir los niveles de radiación empleados y que contribuya a tener la seguridad de que el aparato se calibra correctamente y que los pacientes reciben las dosis recomendadas, explica Brendan Healy, físico médico especialista en radioterapia del OIEA.



**Primer acelerador lineal del departamento de radioterapia del Hospital Universitario “Madre Teresa” de Tirana.**

(Fotografía: Hospital Universitario “Madre Teresa”, Albania)

### **Bombas de cobalto y aceleradores lineales en el tratamiento del cáncer**

Los aceleradores lineales y las bombas de cobalto son dos de los aparatos utilizados con más frecuencia cuando se administra radioterapia externa, procedimiento que consiste en destruir las células tumorales mediante haces de alta energía. Ambos aparatos se utilizan en el tratamiento del cáncer desde la década de 1950.

No hay una respuesta uniforme en lo que respecta a las alternativas en radioterapia. Según May Abdel-Wahab, Directora de la División de Sanidad Humana del OIEA, la elección del equipo debería ser fruto de un análisis detallado que, además de las características tecnológicas de los aparatos, tenga en cuenta la infraestructura local, la evaluación de los requisitos de mantenimiento, la asequibilidad y la disponibilidad de personal bien preparado. “Queremos que nuestros Estados Miembros sean conscientes de las diferentes necesidades de infraestructura que es preciso tener en cuenta para utilizar eficazmente el equipo de radioterapia antes de que adquieran un aparato determinado”.

### **Velar por la seguridad: capacitación y períodos de formación**

Debido a la complejidad que entraña la radioterapia, los radioncólogos, los físicos médicos y los radioterapeutas (los tres profesionales médicos fundamentales para llevar a cabo el tratamiento), deben seguir una rigurosa capacitación a fin de garantizar su seguridad y la de los pacientes, así como los buenos resultados del tratamiento.

Una vez que un país ha recibido un aparato de radioterapia y está a punto de ponerlo en funcionamiento en el ámbito clínico, el OIEA le presta apoyo en tres aspectos: se ocupa de que el fabricante imparta una capacitación específica para ese aparato, fomenta que el personal médico realice períodos de formación en países que ya utilizan equipos similares, y envía expertos para que verifiquen la puesta en servicio del aparato para asegurar su eficacia y seguridad.

# Ganar la batalla al cáncer es cosa de todos

Kim Simplis Barrow, Primera Dama de Belice



Como Enviada Especial de Belice para la Mujer y la Infancia y como persona que ha superado un cáncer, uno de mis principales objetivos es reducir la carga de esta enfermedad y dar esperanzas a quienes se ven afectados por ella en sus muchas manifestaciones.

Aunque mi país es pequeño y dispone de recursos limitados, no me cabe duda de que unidos

podemos hacer más para que todas las personas tengan acceso a servicios eficaces, asequibles e integrales de prevención y tratamiento del cáncer. Esta certeza proviene de las satisfactorias iniciativas emprendidas en mi misión como Enviada Especial para la Mujer y la Infancia, a saber, la construcción del Centro de Inspiración, que ofrece instalaciones para niños con discapacidad, y de una unidad de cuidados intensivos pediátricos y neonatales de última generación en el Hospital Karl Heusner Memorial, hospital nacional de referencia de Belice.

Si pienso en mi propia experiencia, me doy perfecta cuenta de la importancia de la detección precoz del cáncer y del acceso a información y a servicios adecuados de tratamiento. También estoy totalmente a favor de adquirir el compromiso necesario para que las iniciativas de lucha contra el cáncer se integren en los programas de salud y desarrollo de Belice.

Según la Organización Panamericana de la Salud, el cáncer es la principal causa de muerte en nuestra región y, teniendo en cuenta la trayectoria que hemos seguido hasta ahora, se prevé que la cifra de defunciones por cáncer prácticamente se duplique de aquí a 2030.

La población de Belice es de poco más de 370 000 habitantes, de los que más de la mitad viven en condiciones de pobreza. Según las estadísticas del Ministerio de Salud, el cáncer sigue siendo la tercera causa de muerte más importante en el país. Belice, y otros países de ingresos medianos y bajos, ha comprendido la magnitud del problema que plantea el cáncer y los terribles efectos que tiene en la economía y el desarrollo general de un país.

He superado un cáncer de mama y pertenezco a la minoría de personas de mi país que puede ir al extranjero para someterse a tratamiento oncológico. He tenido la suerte de recibir siempre una atención y un apoyo médicos excelentes. Muchas personas en América Latina y el Caribe son diagnosticadas y tratadas tarde, lo que puede atribuirse a la falta de personal especializado en oncología y a la delicada situación del tratamiento oncológico en nuestros países. Dado los elevados niveles de pobreza en muchas familias, muy a menudo la atención oncológica es inaccesible o posible únicamente mediante la intervención de la comunidad. Esos factores influyen en la vida de las familias afectadas por el cáncer y suelen traducirse en bajas tasas de supervivencia.

Nuestros ciudadanos han empezado a tener acceso a servicios de quimioterapia, gracias a la generosidad de un oncólogo beliceño y de su equipo de profesionales especializados. No obstante, la gestión de las complicaciones del tratamiento del cáncer y de los aspectos fisiológicos y psicosociales a que han de hacer frente quienes tratan de superar la enfermedad dista de ser óptima en el sistema sanitario en su conjunto. Todo esto ha de solucionarse si queremos ofrecer servicios de atención médica equitativos, asequibles, accesibles y de calidad.

También participo activamente en el establecimiento de un centro oncológico que prestará servicios oncológicos integrales y, en última instancia, pondrá fin a la necesidad de tener que ir al extranjero a recibir atención oncológica y a los gastos que ello conlleva. Dada mi experiencia en la creación de centros de excelencia, estoy tratando de colaborar con organizaciones como el OIEA y con organismos donantes en la formación de oncólogos, enfermeras y demás personal necesario en un programa integral de atención oncológica.

Reconocemos la importancia de las asociaciones y agradecemos la misión de expertos del OIEA que visitó Belice en diciembre de 2016, en la que se evaluó minuciosamente la atención oncológica de nuestro país. Se están realizando los preparativos para que el OIEA lleve a cabo una segunda evaluación que determine el mejor emplazamiento geográfico donde establecer un centro oncológico para los beliceños. Ganar la batalla al cáncer es cosa de todos. El apoyo que prestan el OIEA, la Organización Mundial de la Salud y otras organizaciones de ámbito mundial es fundamental para luchar contra el cáncer en países en desarrollo como Belice.

# Apoyo del OIEA a la salud humana

May Abdel-Wahab, Directora de la División de Salud Humana del OIEA



**D**urante el último siglo, se han realizado progresos extraordinarios en el ámbito de la medicina, como el descubrimiento de los usos médicos de la radiación y los radionucleidos. Ello ha dado lugar a un espectro de opciones más diversificado y eficaz para la prevención, el diagnóstico y el tratamiento de muchos procesos patológicos. Enfermedades como el cáncer ahora pueden diagnosticarse antes y tratarse con mayor eficacia gracias a la ayuda de técnicas nucleares, lo que permite ofrecer a un mayor número de pacientes la posibilidad de luchar contra la enfermedad y, en muchos casos, una oportunidad importante de curación.

No obstante, el aumento del número de personas que cada año se ven afectadas por enfermedades no transmisibles (ENT), como el cáncer y los trastornos neurológicos y cardiovasculares, supone una gran carga para los sistemas de salud y los líderes de todo el mundo que tratan de aportar soluciones eficaces, aun cuando los recursos para diagnosticar y tratar esas enfermedades puedan ser escasos o, a menudo, inexistentes. El programa de salud humana del OIEA contribuye a los esfuerzos internacionales desplegados en numerosos ámbitos para afrontar esos problemas de salud y aumentar la capacidad de los Estados Miembros.

El Programa de Salud Humana proporciona un enfoque integral para la prevención, el diagnóstico y el tratamiento de las enfermedades no transmisibles que se centra en cuatro esferas de apoyo principales: nutrición; diagnóstico y seguimiento; radioncología y radioterapia; y garantía de calidad. Juntas contribuyen a la consecución del objetivo 3 de los Objetivos de Desarrollo Sostenible de las Naciones Unidas (ODS): salud y bienestar.

Una alimentación adecuada es la base del bienestar humano. El OIEA respalda los ODS mediante la aplicación de técnicas nucleares, en particular por medio del empleo de isótopos estables destinados a prevenir enfermedades y ofrecer la posibilidad de disfrutar de una vida con buena salud. El OIEA fortalece la capacidad de los países y les ayuda a luchar contra la malnutrición en todas sus formas, así como a promover una salud mayor durante toda la vida, fomentando el uso de técnicas nucleares precisas (incluidos los isótopos estables) para diseñar y evaluar intervenciones centradas en la alimentación del lactante y del niño pequeño, la nutrición materna y del adolescente, la alimentación de calidad, la prevención y el control de las enfermedades no transmisibles y el envejecimiento con buena salud.

El OIEA, que es consciente de que los recursos disponibles para la salud varían considerablemente de una región a otra y dentro de las mismas regiones, elabora estrategias a fin de ayudar a los Estados Miembros a optimizar sus recursos sin comprometer la calidad de los servicios prestados. Para ello es necesario elegir cuidadosamente las opciones de tratamiento lo que, a su vez, requiere un conocimiento claro de la enfermedad y la fase en la que se encuentra. La medicina nuclear y el diagnóstico por imágenes desempeñan una función clave en el diagnóstico y el

manejo de las enfermedades no transmisibles. La imagenología permite llevar a cabo cribados de los grupos de población en riesgo, diagnósticos precoces y precisos y evaluaciones del pronóstico minuciosas; todas esas actividades permiten adoptar decisiones terapéuticas adecuadas y hacer un seguimiento del tratamiento apropiado. Además, el OIEA aporta conocimientos técnicos especializados en materia de radioterapia, que entraña el uso de la radiación ionizante en el tratamiento de pacientes de cáncer y de algunas patologías benignas.

## Capacitación de profesionales

La falta de profesionales cualificados es uno de los principales obstáculos que impiden la tan necesaria modernización y ampliación de los servicios de radioterapia en los países en desarrollo. Se necesita una planificación adecuada de los recursos humanos que complemente la inversión del gobierno en equipos. Apoyar la formación y capacitación inicial de profesionales especializados en radioterapia, como físicos médicos, técnicos de radioterapia y radioncólogos, así como seguir facilitando la formación y capacitación de profesionales previamente capacitados para que actualicen o amplíen sus conocimientos y aptitudes, es una tarea prioritaria.

El OIEA refuerza la capacidad de los Estados Miembros para formular políticas acertadas en materia de radioterapia, tratamiento del cáncer y otras aplicaciones radiológicas en la salud humana. Entre otras actividades de investigación figuran las aplicaciones de la radiobiología, principalmente en la esfera de la biodosimetría clínica, la esterilización de tejidos para la gestión de bancos de tejidos, y las superficies y andamiajes instructivos para la ingeniería tisular.

Se estima que cada día 10 millones de personas se someten a procedimientos de diagnóstico, terapéuticos o de intervención en los que se utiliza la radiación médica. Si bien la mayoría de esos procedimientos se realiza de forma segura y adecuada, en distintos lugares del mundo se dan situaciones en las que la protección y seguridad radiológicas son inexistentes o deficientes, lo que supone un riesgo para la salud de los pacientes. Por ese motivo, garantizar el uso seguro de los procedimientos radiológicos forma parte integrante de la labor y el mandato del OIEA.

Los métodos utilizados en la imagenología y los tratamientos precisan una dosimetría exacta y procedimientos de garantía de calidad complejos para asegurar la obtención de resultados clínicos adecuados sin comprometer la seguridad de los pacientes. El OIEA elabora códigos de prácticas y directrices armonizados de ámbito internacional relativas a la dosimetría y la garantía de calidad, así como recomendaciones sobre prácticas óptimas, y proporciona orientación a los Estados Miembros para su aplicación. También mantiene un laboratorio de dosimetría, que desempeña una función clave en el establecimiento y la difusión de las mejores prácticas para el uso eficaz y en condiciones de seguridad tecnológica y física de la radiación en el diagnóstico y el tratamiento del cáncer.

*Para obtener más información, visite [www.iaea.org](http://www.iaea.org) y el sitio web del Campus de Salud Humana (<https://humanhealth.iaea.org/hhw>).*

## Los agricultores de Benin triplican el rendimiento de las cosechas y mejoran sus medios de subsistencia gracias a técnicas isotópicas



**Félix Kouelo Alladassi, Profesor Adjunto del Laboratorio de Conservación del Suelo y de Recursos Hídricos de la Universidad de Abomey-Calavi, prepara plantas de soja para un experimento en el que se utilizan técnicas isotópicas.**

(Fotografía: M. Gaspar/OIEA)

Leonard Djegui, agricultor de soja, nunca tuvo la oportunidad de ir a la escuela, pero en los últimos años ha aprendido dos cosas sobre las ciencias nucleares: el suelo está formado por átomos y estos le han ayudado a triplicar sus ingresos, lo que le ha permitido construirse una casa nueva y enviar a sus hijos a la universidad.

El Sr. Djegui no está solo: cerca de 14 000 agricultores de las regiones central y septentrional de Benin han conseguido mejorar considerablemente el rendimiento de las cosechas de maíz y de legumbres como la soja, lo que se ha traducido en más alimentos para sus familias y en unos ingresos mucho más elevados de lo que hubieran podido imaginar hace unos años.

“No fui a la escuela, pero entiendo que la ciencia es importante”, dice el Sr. Djegui mientras muestra orgulloso su casa hecha de ladrillos, que sustituye la antigua cabaña de barro. “Gracias a la ciencia mis cultivos de maíz y soja crecen más y la cosecha es mejor.”

El secreto es el empleo de técnicas isotópicas y de origen nuclear para medir y aumentar de forma adecuada la

cantidad de nitrógeno —necesario para el crecimiento de las plantas— que los cultivos absorben (véase el recuadro titulado “Base científica”). Las legumbres como la soja y los cacahuets absorben el nitrógeno del aire, que posteriormente depositan en el suelo; ello hace que este sea más fértil para el maíz que los agricultores siembran en la siguiente temporada, explica Pascal Hounngandan, Vicepresidente de la Universidad Nacional Agraria y Director del Laboratorio de Microbiología del Suelo en la Universidad de Abomey-Calavi, la principal institución de investigación de Benin, ubicada en las afueras de Cotonú, la capital del país. El intercalado de cultivos de maíz y de legumbres mejora el rendimiento de ambos cultivos. Dependiendo del tipo de suelo, ello también significa que se requiere muy poco o ningún fertilizante comercial, por lo que los agricultores se ahorran ese gasto adicional.

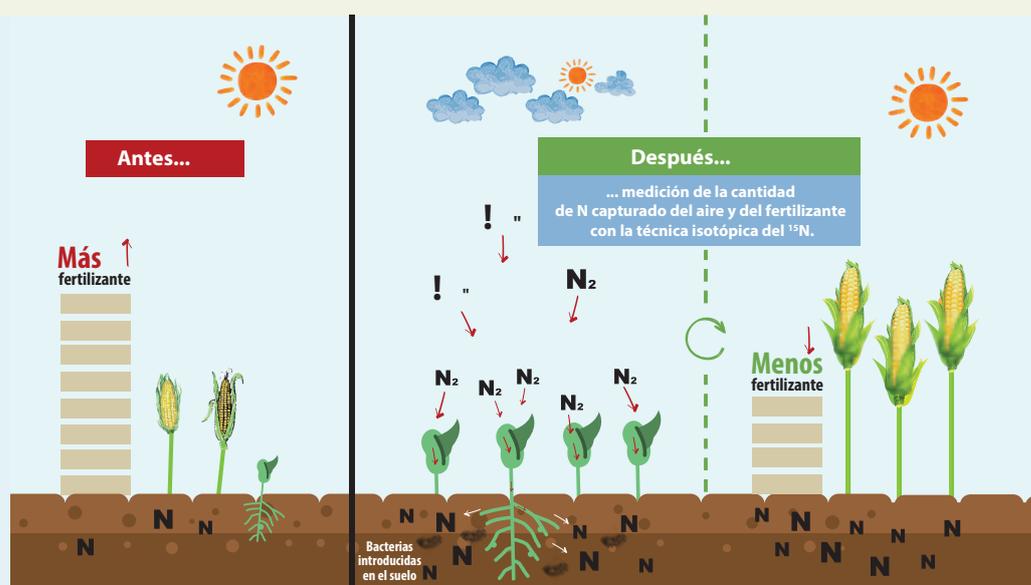
El OIEA, en colaboración con la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO), ha apoyado el proyecto mediante la prestación de asesoramiento especializado y ayudando al Sr. Hounngandan y a su

equipo a interpretar los datos. Por medio de su programa de cooperación técnica, el Organismo también ha proporcionado los equipos y la capacitación que tanto se necesitan para que los investigadores no solo puedan llevar a cabo experimentos, sino también producir las bacterias necesarias para que las legumbres absorban aún más nitrógeno del aire.

Científicos de 70 países se benefician de esa asistencia, lo que incluye la prestación de apoyo para adaptar el método a su tipo de cultivo y suelo, dice Joseph Adu-Gyamfi, especialista en gestión de la fertilidad del suelo de la División Mixta FAO/OIEA de Técnicas Nucleares en la Alimentación y la Agricultura.

### **Mezcla de semillas y bacterias**

En junio, a principios de la temporada de siembra, el Sr. Djegui y sus vecinos estaban ocupados mezclando las bacterias recibidas del laboratorio con las semillas de soja que iban a sembrar durante las semanas siguientes. Entretanto, otros trabajadores de esta aldea de mil habitantes limpiaban la maleza de las tierras aledañas, en las que no se solía plantar nada, para poder cultivar más soja.



La técnica isotópica del nitrógeno 15 permite a los científicos determinar la cantidad de nitrógeno que las legumbres absorben del aire y depositan en el suelo, mejorando de ese modo la fertilidad del terreno para otros cultivos, en este caso el maíz. Al utilizar bacterias, también se puede aumentar la capacidad de las legumbres para fijar más nitrógeno.

(Infografía: F. Nassif/OIEA)

Albert Ahotondji, uno de los vecinos del Sr. Djegui, actualmente cultiva soja en una superficie de seis hectáreas; hace dos años eran dos hectáreas. Hasta entonces no había tenido dinero para comprar semillas y fertilizante para todo su terreno y se había visto obligado a dejar sin utilizar una parte. Ahora tiene dinero suficiente para labrarlo todo y ahorrar para cuando sus hijos vayan a la universidad. “Podré alquilarles una habitación en la ciudad,” dice con orgullo.

Es la cuarta temporada consecutiva que los pequeños agricultores de esta aldea utilizan las bacterias que compran a la universidad a través de los agentes de extensión agraria, quienes también les han enseñado cómo mejorar sus prácticas agrícolas.

Benin cuenta con 100 000 productores de soja y el empleo de la nueva técnica se está expandiendo rápidamente, dice Fortuné Amonsou Biaou, Director Ejecutivo del Sindicato Nacional de Productores de Soja de Benin. Señala que es muy habitual ver cómo el rendimiento de los cultivos se triplica o incluso cuadriplica. Dependiendo de la región, los agricultores solían cosechar entre 500 kg y 800 kg de soja por hectárea. Actualmente esa cifra ha aumentado hasta situarse aproximadamente entre 1,2 t y 2 t. Eso es muy importante para un país principalmente agrícola, donde más de la mitad de la población trabaja en ese sector, que representa el 40 % de la economía del país.

La soja se utiliza para fabricar aceites vegetales y pienso para animales, y también constituye un importante cultivo de exportación en los mercados regionales. “Al incrementar el rendimiento de las cosechas de maíz, aumenta la seguridad alimentaria de la población rural; además, esa mayor producción de soja, permite que asciendan sus ingresos disponibles,” señala Amonsou Biaou.

El Sr. Houngnandan fundó el laboratorio en 2002 con el objetivo de investigar el efecto de los cultivos intercalados en la producción agrícola. Los experimentos con el uso de técnicas isotópicas y los inoculantes empezaron unos años más tarde y posteriormente, en 2008, se realizaron los experimentos sobre el terreno. En 2011, algunos agricultores empezaron a utilizar la técnica como parte de un proyecto piloto y a partir de 2013 se usó a gran escala, cuando la asociación de productores agrícolas y las autoridades locales pertinentes se unieron para promocionarla. Durante el período vegetativo de 2016-2017, el laboratorio produjo 16 000 bolsas de inoculantes bacterianos en forma de biofertilizantes.

“Nos ha llevado un tiempo ampliar el proyecto, pero los resultados son muy claros,” dice el Sr. Houngnandan mientras nos enseña cómo se utiliza el equipo que ha recibido del OIEA. “Espero que en unos años todos los agricultores lo estén utilizando.”

### Base científica: absorción del nitrógeno del aire

Desde hace decenios, los científicos saben que las legumbres pueden transformar el nitrógeno del aire y depositarlo en la planta y el suelo y, de ese modo, mejorar la fertilidad del terreno. Lo que no sabían hasta hace poco es cómo medir con precisión la cantidad de nitrógeno que cada tipo de cultivo puede absorber y el modo de mejorar la capacidad de las legumbres para fijar una mayor cantidad de este.

Cuando se inoculan las legumbres con una dosis de bacterias, su capacidad para fijar el nitrógeno del aire aumenta de forma drástica, ya que las bacterias facilitan el desarrollo de los nódulos en las raíces de las legumbres que fijan el nitrógeno. Investigadores de la División Mixta FAO/OMS de Técnicas Nucleares en la Alimentación y la Agricultura han impulsado la técnica isotópica del nitrógeno 15 para determinar cuánto nitrógeno absorben las legumbres del aire. Se basa en el uso de un isótopo marcado de nitrógeno, que tiene las mismas propiedades químicas que el nitrógeno normal, pero contiene un neutrón adicional que permite realizar su seguimiento. Esta metodología con nitrógeno 15 también se puede utilizar para estimar la eficiencia con que cereales como el maíz, el arroz y el trigo absorben el fertilizante nitrogenado aplicado a fin de potenciar al máximo el rendimiento de los cultivos.

— Miklos Gaspar

## Una nueva aplicación móvil mejora la detección de la radiación por los funcionarios de aduanas y permite aumentar la seguridad física nuclear



Todos los camiones que entran y salen de los puertos de Camboya pasan por un pórtico detector de radiación (la estructura blanca con botones de color rojo, naranja y azul que aparece en la imagen). La tercera parte de los cargamentos que hay en el puerto de Phnom Penh hacen saltar esta alarma, aunque solo transporten cantidades inofensivas de radiación natural. Gracias a la nueva aplicación creada por el OIEA, los funcionarios de aduanas podrán concentrarse en los cargamentos que realmente contengan material radiactivo de contrabando.

(M. Gaspar/OIEA)

Mengsrom Song, funcionario de aduanas, y sus colegas están acostumbrados al sonido de las alarmas de los detectores de radiación. Una tercera parte de los contenedores de carga que pasan por el puerto autónomo de Phnom Penh hace saltar las alarmas de los pórticos detectores de radiación, que son muy sensibles a fin de interceptar las fuentes de radiación y materiales nucleares que intentan introducirse de contrabando.

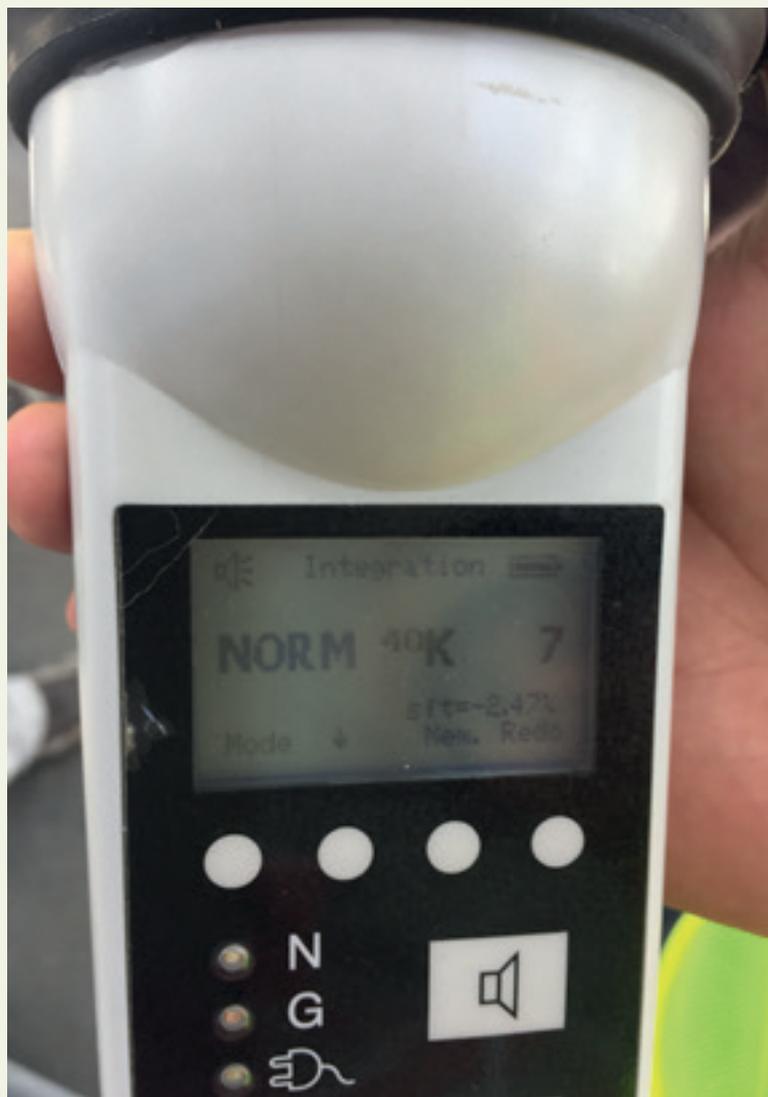
Sin embargo, según explica el Sr. Song, jefe adjunto de aduanas del puerto, que se encuentra en el río Mekong, a las afueras de Phnom Penh, desde que se instaló el dispositivo en julio de 2016, todas las alertas han sido provocadas por elementos como baldosas, fertilizantes y materiales

de construcción. El puerto recibe una cuarta parte del comercio exterior del país.

“Nos resulta muy difícil valorar las alarmas por radiación, ya que ello exige realizar una segunda inspección de docenas de contenedores al día, lo que implica tiempo y recursos, y nos aparta del resto de nuestras tareas”, explica Song. Estas segundas inspecciones requieren mucho tiempo, pues comportan el uso de dispositivos manuales de identificación de radionucleidos, que miden la cantidad de radiación y determinan el tipo y la fuente de esta, así como el análisis de los datos del pórtico detector de radiación para verificar el tipo y el origen de la mercancía.

La nueva aplicación para teléfonos móviles inteligentes creada por el OIEA ayudará a diferenciar las alarmas que se activan por cantidades inofensivas de radiación natural de las que pueden ser preocupantes desde el punto de vista de la seguridad, y merecen una investigación más a fondo.

La aplicación es el resultado de un proyecto de investigación coordinado por el OIEA que tiene por objeto mejorar la evaluación de una alarma inicial. Investigadores del OIEA y de 20 países diferentes han trabajado en colaboración para mejorar el proceso de evaluación de las alarmas, y han creado recursos y algoritmos para el programa informático de detección, a fin de que este pueda distinguir entre la radiación de posibles fuentes artificiales objeto de contrabando y la radiación natural.



**Un funcionario de aduanas lleva a cabo una segunda inspección de un camión que ha activado la alarma de radiación del puerto. El dispositivo portátil que utiliza ha confirmado que la alarma ha saltado al detectar pequeñas cantidades inofensivas de radiación natural procedente de isótopos de potasio 40, y que el hecho no se debe al contrabando de fuentes radiactivas o materiales nucleares.**

(M. Gaspar/OIEA)

La aplicación puede descargarse de iTunes y Google Play.

Como explica Charles Massey, funcionario de seguridad física nuclear del OIEA y coordinador de la investigación, la clave está en poder diferenciar las características radiológicas de las distintas sustancias. Ello no puede hacerse basándose en la cantidad de radiación, dado que los detectores también han de poder captar las cantidades pequeñas de materiales nucleares u otros materiales radiactivos que puedan estar presentes. En su lugar, los investigadores están buscando la forma de determinar las características de la radiación a partir de los diferentes isótopos específicos de cada material. El programa informático deberá reconocerlos y mantener un registro de estos para así

poder diferenciar la radiación procedente de materiales radiactivos naturales que tengan las mismas características. Con ello se detectará la mayor parte de las falsas alarmas, lo que permitirá a los funcionarios de aduanas concentrarse en los casos que no estén tan claros.

Los investigadores están trabajando en nuevos algoritmos para los programas informáticos que se instalarán en los sistemas de detección. Mientras tanto, la nueva aplicación, denominada TRACE por sus siglas en inglés (Instrumento para Evaluar las Alarmas por Radiación y las Mercancías), ofrece un compendio detallado de sustancias radiactivas naturales que incluye sus características radiológicas específicas. “Es un paso importante en la dirección adecuada,

ya que la aplicación permite reducir el tiempo que se emplea en determinar si un contenedor que ha activado la alarma debe ser objeto de una investigación más minuciosa”, aclara Sokkim Kreng, funcionario de aduanas en el mayor puerto marítimo de Camboya, en la ciudad de Sihanoukville.

En las orientaciones del OIEA se recomienda a los países que utilicen equipos de detección de la radiación en el marco de los programas nacionales de seguridad física nuclear para inspeccionar las exportaciones e importaciones de productos comerciales, a fin de interceptar el contrabando de materiales nucleares y radiactivos.

— Miklos Gaspar

## Se presentan las conclusiones de salvaguardias nucleares en el Informe sobre la Aplicación de las Salvaguardias correspondiente a 2016



**Laboratorio de Muestras Ambientales de Salvaguardias del OIEA en Seibersdorf (Austria).**

(Fotografía: D. Calma/OIEA)

En 2016, el OIEA concluyó que había 69 países en los que todos los materiales nucleares seguían adscritos a actividades pacíficas, y que en otros 104 países, los materiales nucleares declarados seguían adscritos a actividades con fines pacíficos. Esa información se presentó a la Junta de Gobernadores del OIEA en el Informe sobre la Aplicación de las Salvaguardias (IAS) anual el 14 de junio de 2017.

“La formulación de las conclusiones de salvaguardias que efectuamos es muy importante para los Estados Miembros”, señala el Director General del OIEA, Sr. Yukiya Amano. “Las conclusiones de salvaguardias se basan en una rigurosa evaluación técnica de la información,

incluida la que recopilan nuestros inspectores sobre el terreno y los análisis de expertos efectuados en nuestra Sede durante el año anterior.”

El tipo de conclusión que extrae el OIEA respecto de cada Estado varía en función del tipo de acuerdo de salvaguardias concertado entre el Estado y el Organismo. Puede encontrar más información sobre los distintos tipos de acuerdos de salvaguardias nucleares en la dirección siguiente: <https://www.iaea.org/topics/safeguards-legal-framework>.

El OIEA únicamente posee información suficiente y acceso para poder dar garantías creíbles a la comunidad

internacional de la no desviación de materiales nucleares declarados de actividades nucleares con fines pacíficos y de la ausencia de materiales nucleares y actividades nucleares no declarados, respecto de los países que tienen un acuerdo de salvaguardias amplias y un protocolo adicional en vigor.

En el caso de tres Estados que no son Partes en el Tratado sobre la No Proliferación de las Armas Nucleares (TNP) y cuentan con acuerdos de salvaguardias específicos para partidas en vigor, el OIEA concluyó que, en esos Estados, los materiales, las instalaciones u otras partidas nucleares a los que se habían

# Aplicación de salvaguardias en 2016

Ayudar a evitar la proliferación de las armas nucleares

## ¿Qué logramos en 2016?

Llegamos a la conclusión de que:

- ✓ **en el caso de 69 Estados,** todos los materiales nucleares seguían adscritos a actividades pacíficas.
- ✓ **respecto de 104 Estados,** los materiales nucleares declarados seguían adscritos a actividades pacíficas.
- ✓ **en el caso de 3 Estados,** los materiales, instalaciones u otras partidas nucleares a los que se habían aplicado salvaguardias seguían adscritos a actividades pacíficas.
- ✓ **en el caso de 5 Estados,** los materiales nucleares en instalaciones específicas a los que se habían aplicado salvaguardias seguían adscritos a actividades pacíficas.

## ¿Cómo llegamos a esa conclusión?

### Nuestro marco jurídico



- 181 Estados** cuentan con un acuerdo de salvaguardias en vigor y
- 129 Estados** cuentan con un protocolo adicional en vigor

### Nuestro ámbito de actuación




- 204 073** cantidades significativas de materiales nucleares
- 1290** instalaciones nucleares y lugares situados fuera de las instalaciones

### Nuestro proceso de verificación

- Se recopilaron y evaluaron **1 037 156** informes sobre materiales nucleares
- Se verificaron **25 044 precintos** colocados en materiales nucleares, equipo crítico de las instalaciones o equipo de salvaguardias del Organismo en instalaciones nucleares
- Se recogieron **474** muestras ambientales y **603** muestras de materiales nucleares
- 3007** verificaciones sobre el terreno resultaron en **13 275** días sobre el terreno
- 1436 cámaras** conectadas a 266 instalaciones
- 1057** sistemas de análisis no destructivo instalados
- 122** instalaciones vigiladas a distancia

### Nuestros recursos



- 135 millones** +40,5 millones extrapresupuestarios
- 932 funcionarios y contratistas** de 96 países



aplicado salvaguardias seguían adscritos a actividades con fines pacíficos.

En el caso de los cinco Estados poseedores de armas nucleares que son Partes en el TNP y cuentan con acuerdos de ofrecimiento voluntario en vigor, el OIEA concluyó que bien los materiales nucleares presentes en determinadas instalaciones seguían adscritos a actividades pacíficas, bien se habían retirado de las salvaguardias con arreglo a lo previsto en los acuerdos.

En 2016, 12 Estados que son Partes en el TNP aún no habían puesto en vigor acuerdos de salvaguardias amplias con el OIEA con arreglo a lo dispuesto en el artículo III del Tratado. El Organismo

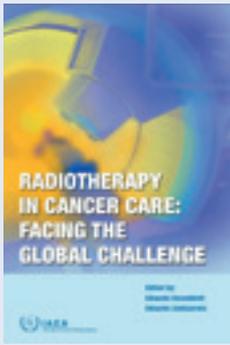
no pudo extraer conclusiones de salvaguardias, en relación con esos Estados Partes.

En la infografía anterior se proporciona más información sobre las actividades de verificación y vigilancia llevadas a cabo por el OIEA en 2016.

### ¿Qué son las salvaguardias?

Las salvaguardias son un conjunto de medidas técnicas mediante las que el OIEA trata de verificar que un Estado cumple sus compromisos internacionales a efectos de no utilizar programas nucleares destinados a fines pacíficos con fines armamentísticos. Con arreglo a lo dispuesto en el TNP, los Estados no

poseedores de armas nucleares deben concertar un acuerdo de salvaguardias amplias con el OIEA que les obliga a aceptar el régimen de salvaguardias. Los países que cuentan con un acuerdo de salvaguardias amplias en vigor deben declarar todos sus materiales e instalaciones nucleares al OIEA. Posteriormente, el OIEA verifica de manera independiente esas declaraciones. Ese acuerdo de salvaguardias puede complementarse con un protocolo adicional que aumenta considerablemente la capacidad del Organismo de verificar que todos los materiales nucleares presentes en un Estado se utilizan con fines pacíficos.



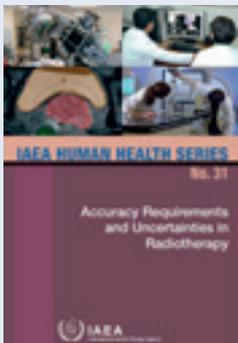
## Radiotherapy in Cancer Care: Facing the Global Challenge

En esta publicación se ofrece una visión de conjunto de los temas y las cuestiones principales que hay que tener en cuenta al planificar una estrategia para enfocar el diagnóstico y el tratamiento del cáncer, en particular en países de ingresos medianos y bajos. El tratamiento del cáncer es complejo y requiere un conjunto diverso de servicios. La radioterapia es un instrumento esencial en el tratamiento del cáncer y la administración de cuidados paliativos.

Actualmente, en muchos países el acceso a radioterapia es limitado, mientras que en algunos es inexistente. Esa falta de recursos de radioterapia exagera la carga de morbilidad y pone de relieve la disparidad asistencial que sigue existiendo entre Estados en materia de salud. Subsanan ese desequilibrio es fundamental para resolver el problema de la equidad sanitaria mundial.

La publicación, que incluye contribuciones de algunos de los principales expertos en este ámbito, ofrece una introducción de los logros y las cuestiones que intervienen en la utilización de la radioterapia como modalidad de tratamiento del cáncer en todo el mundo. La obra contiene capítulos específicos dedicados a la radioterapia con protones, la radioterapia con iones de carbono, la radioterapia intraoperativa, la radioterapia para niños, los tumores relacionados con el VIH/sida y cuestiones relacionadas con el costo y la gestión de la calidad

Publicaciones monográficas; ISBN 978-92-0-115013-4; edición en inglés; 62,00 euros; 2017  
<http://www-pub.iaea.org/books/IAEABooks/10627/Cancer>

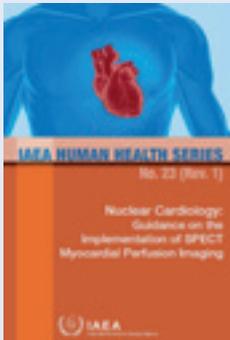


## Accuracy Requirements and Uncertainties in Radiotherapy

En esta publicación se tratan las cuestiones relacionadas con la exactitud y la incertidumbre que son pertinentes para la inmensa mayoría de los departamentos de radioterapia, en particular los que ofrecen tanto servicios de teleterapia como de braquiterapia.

Abarca aspectos clínicos, radiobiológicos, dosimétricos, técnicos y físicos.

Colección de Salud Humana del OIEA N° 31; ISBN 978-92-0-100815-2; edición en inglés; 76,00 euros; 2016  
<http://www-pub.iaea.org/books/IAEABooks/10668/Accuracy>



## Nuclear Cardiology: Guidance on the Implementation of SPECT Myocardial Perfusion Imaging

Esta publicación ofrece un análisis detallado de todos los pasos que intervienen en la prestación de servicios de cardiología nuclear, desde la derivación de pacientes hasta la presentación de informes, y tiene por objeto servir de orientación para la aplicación, homogeneización y mejora de la práctica de la imagenología de perfusión miocárdica en los Estados Miembros en los que esta técnica se está desarrollando.

Colección de Salud Humana del OIEA N° 23 (Rev. 1); ISBN 978-92-0-107616-8; edición en inglés; 46,00 euros; 2016  
<http://www-pub.iaea.org/books/IAEABooks/11076/Cardiology>

*El OIEA es una editorial puntera en la esfera nuclear. Entre sus más de 9000 publicaciones científicas y técnicas figuran normas de seguridad internacionales, guías técnicas, actas de conferencias e informes científicos. Abarcan la enorme variedad de las actividades del OIEA, con especial atención a la energía nucleoelectrónica, la radioterapia, la seguridad nuclear tecnológica y física, y el derecho nuclear, entre otros ámbitos.*

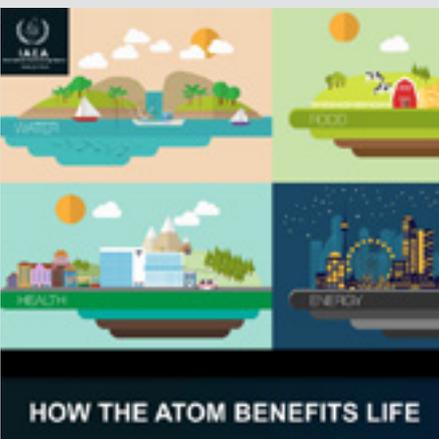
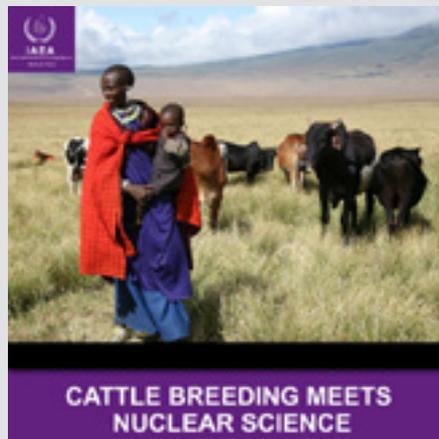
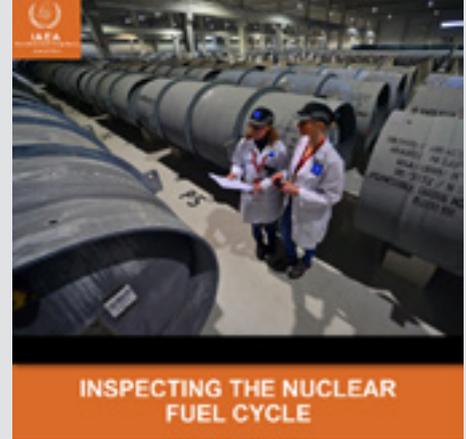
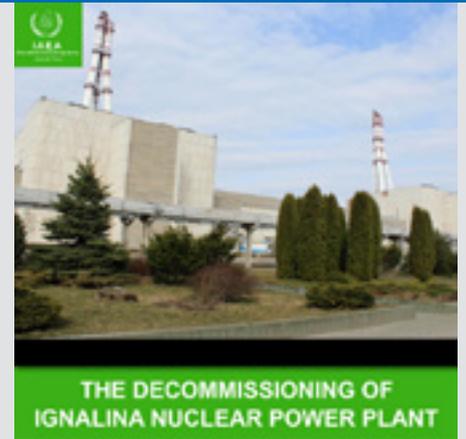
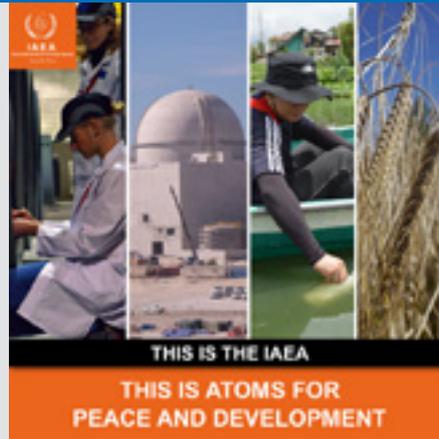
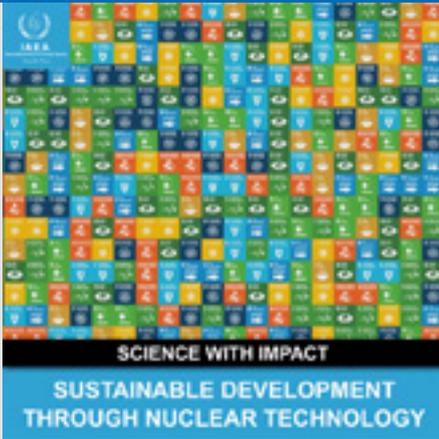
### Si necesita información adicional o desea encargar un libro, póngase en contacto con:

Dependencia de Mercadotecnia y Venta, Organismo Internacional de Energía Atómica

Vienna International Centre, PO Box 100, A-1400 Viena, Austria

Correo electrónico: [sales.publications@iaea.org](mailto:sales.publications@iaea.org)

# VÍDEOS DEL OIEA



Veá los vídeos del OIEA en [www.youtube.com/iaeavideo](http://www.youtube.com/iaeavideo)

# Cuarta Conferencia Internacional sobre la Gestión de la Vida Útil de las Centrales Nucleares

23 a 27 de octubre de 2017  
Lyon (Francia)



Organizada por el



60 años

IAEA

Átomos para la paz y el desarrollo

en colaboración con el



Centro Común de  
Investigación de la  
Comisión Europea (CCI/CE)

EPRI

ELECTRIC POWER  
RESEARCH INSTITUTE

y el Instituto de  
Investigación de  
Energía Eléctrica (EPRI)

Actúa como anfitrión el Gobierno de Francia por medio de



Electricité de France (Francia)



y la Asociación de Centrales de  
Segunda y Tercera Generación  
(NUGENIA)



CN-246